



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

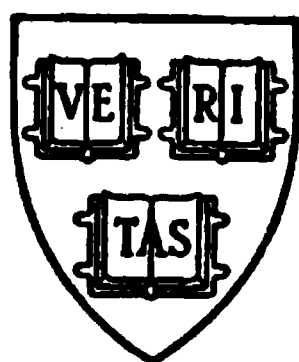
- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

Gj-A613.3

HARVARD UNIVERSITY



LIBRARY

OF THE

Museum of Comparative Zoölogy

TRANSFERRED TO GEOLOGICAL SCIENCES LIBRARY

1-29

150

21,134

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME X.

7^{me} LIVRAISON DE 1896.

PARIS

V^{re} CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1896

TABLE DES MATIÈRES.

JUILLET.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

Pages.

Application géologiques de la spéléologie. — Origine et rôle des cavernes ; Leurs variations climatiques ; Leurs rapports avec les filons ; par M. E.-A. Martel	5
Pompes sans piston à transmission pneumatique, par M. de Montrichard	101
Commission du grisou. — Accidents survenus par suite d'explosion tardive de cartouches de grisounite.	
I. — Rapport présenté à la Commission, par M. Sarrau.	126
II. — Avis de la Commission du grisou.....	131

BULLETIN.

Statistique de l'industrie minérale de l'Espagne en 1894.....	133
Statistique de l'industrie minérale et métallurgique de l'Autriche en 1894.....	135
Production du pétrole et de l'ozokérite en Galicie pendant l'année 1894.....	136

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Mai.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploitation, etc.	345
Jurisprudence.	355
Personnel.	378

1904
1.39

SAUTTER, HARLÉ & C^e

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS — 26, Avenue de Suffren, 26 — PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889 — HORS CONCOURS — JURÉ

ÉCLAIRAGE TRANSPORT DE FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

ASSERVISSEMENT & COMMANDE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉS A

L'OUTIL

POMPES

VENTILATEURS

TRANCHEUSES

PERFORATRICES

Trieuses

PERCEUSES

Compresseurs

D'AIR

MINES

APPAREILS

DE

LEVAGE

Treuiis

GRUES

MONTE-CHARGE

Transbordeurs

PLANS

Inclinés

PRINCIPALES INSTALLATIONS

Aux MINES

—
—
—
—
—
—
—
—

d'ASPRIÈRES

BLANZY

BRUAY

DADOU

DECAZEVILLE

FRIEDRICHSGEGEN

LAURIUM

MALINES

MIÈRES

MEURCHIN

VIEILLE-MONTAGNE

ETC., ETC.

Aveyr

Saône-et-

Pas-de-Cal

Tarn.

Aveyro

Grèce.

Hérault.

Asturies.

Nord.

Penchot, l

a.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE
POUR LA
FABRICATION DE LA DYNAMITE
Procédés A. NOBEL

Paris, 1889 — Deux Médailles d'Or

Seule Médaille d'Or décernée en 1889 pour la Dynamite

SIÈGE SOCIAL : Place Vendôme, PARIS

USINES : à Paulilles, près Port-Vendres (Pyrénées-Orientales).
à Ablon, près Honfleur (Calvados).

Dynamite-Gomme, pour roches très dures. — Dynamite, n° 1 guhr, n° 1 gélatinee, n° 1 à l'ammoniaque, pour roches dures. — Dynamite, n° 0, pour travaux sous l'eau. Dynamites, n° 2 et n° 3, pour terrains moins résistants.

Explosifs spéciaux pour charbonnages grisouteux (Décret du 1^{er} août 1890)

Grisoutine-Gomme pour travaux au rocher. — Grisoutine B pour travaux dans le charbon.

Mèches de mineurs. — Capsules pour Dynamite. — Amorce, Câbles, Fils et Appareils électriques pour sautage des mines. — Marmites suédoises ou Seaux à dégeler la Dynamite.

La Correspondance doit être adressée au SIÈGE SOCIAL

TÉLÉPHONE **SOCIÉTÉ ANONYME** TÉLÉPHONE
D'EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital : 2.000.000 de francs

19, rue Louis-le-Grand, 19, PARIS

USINES :

SAINT-MARTIN-DE-CRAU

(France)

VILLAFRANCA-in-LUNIGIANA

(Italie)

DYNAMITES,

GOMMES ET GRISOUTINES

MÈCHES

DÉTONATEURS, CABLES

FILS

ET APPAREILS ÉLECTRIQUES

La correspondance doit être adressée au Siège social, 19, rue Louis-le-Grand.

PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889
2 MÉDAILLES D'OR
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL ^{POUR} MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

**RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI
 DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE
 CONNU A CE JOUR.**

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

**APPAREILS A AIR COMPRIMÉ
 PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES**
 Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS ^{POUR} EXTRACTION ^{ET} FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS
 TREUILS MUS PAR TURBINES.

**POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE
 POMPES A COURROIES**

Pompes Hélico-Centrifuges. Système MAGNET & PINETTE

POMPES ÉLEVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLEVATION D'EAU
 pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, B^{TE} S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINÉRAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A CODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DESCHISTAGES

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS MÉTALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETES

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALIER A ROULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DES MOLLETES

**MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR
 LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE**

DEVIS, ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS
 CATALOGUES SUR

(FRANCE)

CHALON-S.-SAONE

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 250 Ouvriers

Surfaces occupées par les Usines: 25.000 mètres

*
G. PINETTE

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDAGES

J. BECOT

Ingr^r civil
(A. et M.)

1, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGIRARD

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel, etc.

PUITS ARTÉSIENS, PUIS ABSORBANTS

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS

CAPTAGE DE SOURCES

VENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDAGES
Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

CHAUDRONNERIE ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES

MÉDAILLE d'Argent 1893
ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION MÉDAILLE de vermeil 1893
ET INSTALLATION D'USINES

CHIMINÉES EN BRIQUES ET EN TÔLE

CHAUDRONNERIE EN FER ET EN CUIVRE EN TOUTS GENRES

SÉPARATIONS, PIQUAGE ET NETTOYAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DE TOUTS SYSTÈMES

PRÉPARATION DES ÉPREUVES DÉCENNALES DES APPAREILS A VAPEUR

NOUVEAU SYSTÈME DE Foyer MÉTALLIQUE ET APPAREIL FUMIVORE BREVETÉ S. G. D. G.



TÉLÉPHONE

MIN DÉROCHE

21, rue Labois-Rouillon, PARIS

Masifs de Machines, Fournitures pour Usines

RÉSERVOIRS EN CIMENT, EN TÔLE, ETC.

Pours pour toutes Industries



TÉLÉPHONE

Applications générales de l'électricité. — Installations particulières
PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

MAISON FONDÉE EN 1863

L. DUMONT

PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue d'Isly

POMPES CENTRIFUGES

MÉDAILLE D'OR

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889

APPLICABLE AUX MANUFACTURES EN GÉNÉRAL
ET POUR TRAVAUX D'ÉPUISEMENT

POMPES, CONJUGUÉES POUR GRANDES ÉLEVATIONS
SUPÉRIORITÉ JUSTIFIÉE

PAR

8.500 APPLICATIONS

résoudre ou un
r, adressez-vous

...TICIEN
...TRIEL
le et des Arts-et Métiers
les et par Réponses
ax Travailleurs
IS PAR MOIS
Six mois, **6 fr.**
Grands-Augustins. 49



EUR
GAZ
CHARON
LE PLUS ÉCONOMIQUE
Bordeaux, 100 RS 00
Lyon, GRAND PRIX, 78-

Fabrique de Lampes de Sécurité en tous Genres

LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX

Les plus Hautes Récompenses aux Expositions

COSSET-DOUBRILLE FILS

LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE

3, rue de Toul, 3

3, rue de Toul, 3

Rivets et fils de plomb
AMADOU
Emboutissage de tous Métaux
LAMPES DE FONDEURS

FONDERIE DE COUVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE

Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL

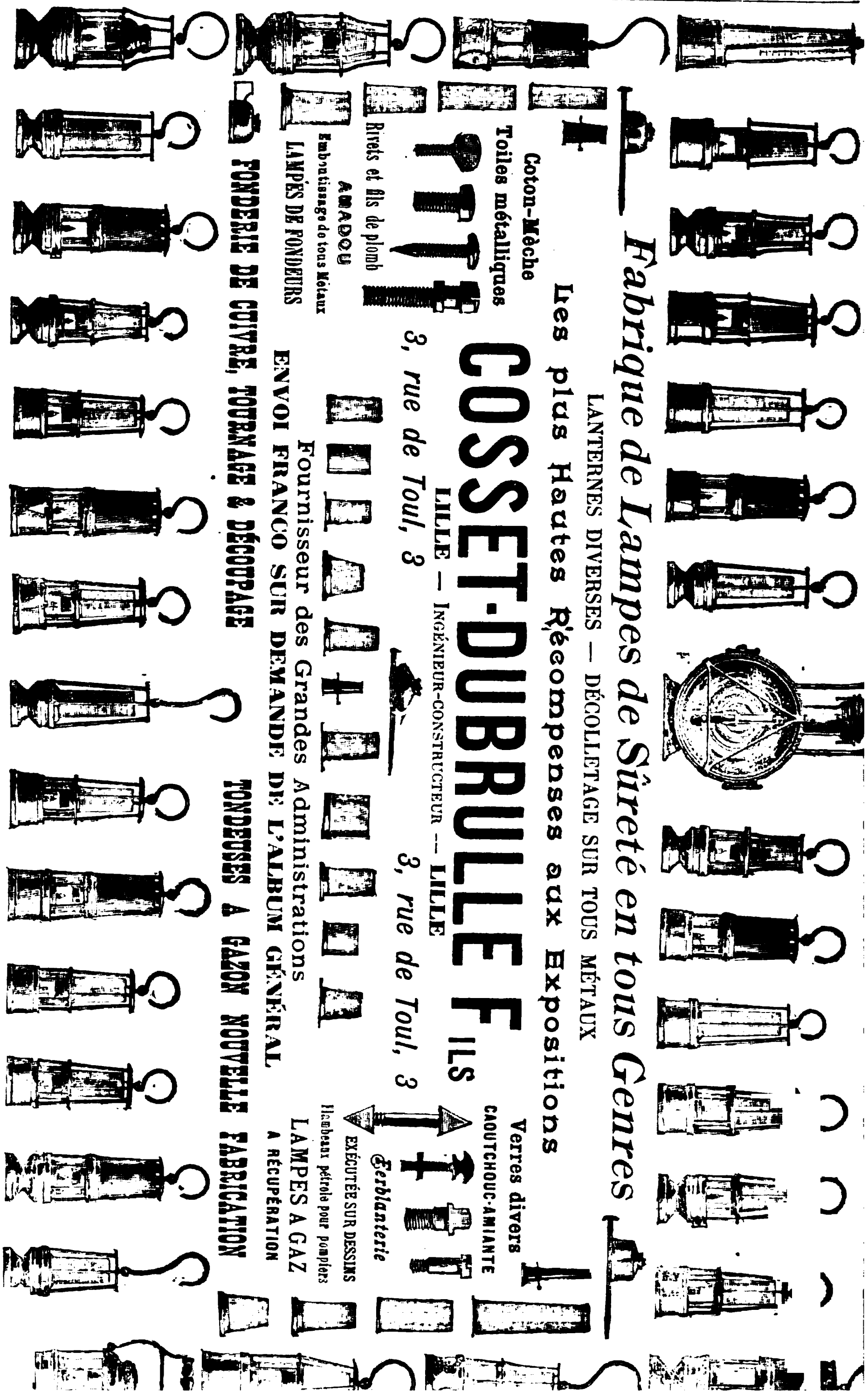
TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION

Verres divers
CAOUTCHOUC-AMIANTE

Éclairant

EXÉCUTÉES SUR DESSINS
Membres pétrole pour pompes

LAMPES A GAZ
A RÉCUPÉRATION



ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS

avec *Chânes simplex*

SYSTEME BAGSHAW

Brevetées S. G. D. G.

GODETS TOLE D'ACIER

VIS D'ARCHIMÈDE

APPAREILS POUR DECHARGEMENTS
DE
BATEAUX

TRANSMISSIONS

A. PIAT et ses FILS

INGÉNIEURS CONSTRUCTEURS

PARIS. — 85, rue St-Maur. — PARIS

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 144, Boulevard de la Villette, 144, PARIS



...IRS SPÉCIAUX

LARTZ ET MATIÈRES DURE

INDE FINESSE et un GRAND P

COBLENTZ FRÈRES

PARIS — 38, rue du Château-d'Eau, 38 — PARIS

USINES, 124, rue de Paris, St-DENIS (Seine)

LAINES DE SCORIES

Incombustible et le meilleur des Isolants

LIGNITINE LIQUIDE

Antitartre, 75 francs les 100 kilos

GLYCÉRINE. - SIMILI-GLYCÉRINE

ET TOUS AUTRES PRODUITS CHIMIQUES

EXPOSITION DE BORDEAUX

1895

Diplôme d'honneur

Médaille d'or

1894

EXPOSITION DE NIMES

EXPLOSIFS FAVIE

de la Société française des Poudres de f

62, Rue de Provence, PARIS

REMPLAÇANT TOUS EXPLOSIFS CONN

Innocuité et sécurité absolues

ÉTABLISSEMENTS GENESTE, HERSCH

MAISON PRINCIPALE A PARIS, 42, RUE DU CHEMIN-VEAU
Usine à Creil Succursale à Bruxelles

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889 : FRANCE BELGIQUE
EXPOSITIONS DE LYON 1894 : GRAND PRIX
D'ANVERS 1895 : 4 GRANDS PRIX

VENTILATEURS DE MINES

Rendement dépassant 85 0/0

Collection complète de Ventilateurs pour Fonderies, Forges, Navires
Ventilation, etc.

Dispositions spéciales pour être actionnés par moteurs à vapeur
hydrauliques, électriques, air comprimé, etc., etc.

Petits Ventilateurs à bras pour galeries de recherches ou a

APPLICATIONS DU GENIE SANITAIRE

Ventilation mécanique, Chauffage à vapeur, à eau chaude, etc. P
Construction d'appareils et installations.

Assainissement des Villes et des Habitations

Étude, Fabrication et Fournitures d'Appareils

DÉSINFECTION

Matériel sanitaire pour combattre la transmission et la propagation d
Étuves à désinfection fixes et locomobiles par la vapeur sous p

— Pulvérisateurs pour la désinfection des parois et celle des objets r
supporter l'action de la chaleur. — Appareils à stériliser l'eau

(système Rouart, Geneste, Herscher), produisant de l'eau débarrassée de
potable et digestive

LABORATOIRE CENTRAL DE CHIMIE

et 11, rue de Rome en face la gare St-Lazare,

ANALYSES MINÉRALES

Minerais de fer, d'or
d'argent, etc.

Ville

Fontes, aciers, fers

Bronzes, aluminium, cuivre

Zinc, nickel, etc.



MAISON et CHARPENTES, Couv.



SOCIÉTÉ ANONYME
HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINE

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET CHARBON

MACHINE A BRIQUETTES

Simple, Robuste et peu coûteuse

PRODUISANT A VOLONTÉ DES

BRIQUETTES PLEINES OU PERFORÉES

Pression élastique. — Cohésion 80 %.

Agglomération de minerais de fer ou de magnésiens, résidus de pyrites ou autres matières à l'état pulvérescent pour en faciliter le traitement dans les hauts-fourneaux, etc., etc.

MACHINE A BOULETS

PLEINS OU PERFORÉS

250 000 BOULETS DE MOULE,

PLEINS OU PERFORÉS PAR JOUR

L'Agglomérateur sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons maigres et la calcination des minerais.

*Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 11 h
à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.*

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à briquettes pour chemins de fer et chauffage.
BROYEURS-PULVÉRISATEURS, broyage par percussion, engrais, Charbons, Minerais.
BROYEURS A MEULES, broyage et malaxage de matières quelconques.
CRIBLES ROTATIFS ou A SECOUSSES, classement des matières sèches.
LAVOIRS A BRAS ou A VAPEUR, classement par densité. Lavage des bouilles.
MACHINES A BRIQUES à lever pour terre ferme et demi-ferme 6 à 7 000 par jour.
MACHINE A AGGLOMERER à pression simultanée sur deux faces, pour ciment, sucs.
FOURS SECHERS, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEUR
MALAXEURS, ETC., ETC.

Th. DUPUY et FILS

5 MÉDAILLES D'OR

CONSTRUCTEURS

DARIC 2 MÉDAILLES

1889

ANNALES
DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une Commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux publics. Cette Commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

MM.	MM.
LINDER, inspecteur gén. des mines, <i>président.</i>	WORMS DE ROMILLY, inspecteur général.
HATON DE LA GOUPILLIÈRE, insp. gén., direct. de l'Ecole sup. des mines.	CHEYSSON, insp. gén. des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole supérieure des mines.
ORSEL, inspecteur général.	POTIER, ingénieur en chef, prof. à l'Ecole supérieure des mines.
RÉSAL, inspecteur gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.	LEDOUX, d°
LORIEUX, inspecteur général.	DOUVILLÉ, d°
VILLOT, d°	BERTRAND, d°
PESLIN, d°	LE CHATELIER, d°
VICAIRE, inspect. gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.	LODIN, d°
CARNOT, insp. gén., inspecteur de l'Ecole supérieure des mines.	SAUVAGE, ing. des mines, profes. à l'Ecole supérieure des mines.
AGUILLON, insp. gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.	TERMIER, d°
KEILLER, insp. gén., secrétaire de la Commission de la statistique de l'industrie minérale.	DE LAUNAY, d°
	ZEILLER, ingénieur en chef, <i>secré- taire de la Commission.</i>

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé 10 francs par planche et par cent exemplaires ou fraction de centaine. Les planches extraordinaires sont payées au prix de revient.

Le brochage, y compris couverture imprimée et faux frais, est payé, pour une feuille seule ou une fraction de feuille, 3 francs le premier cent et 1',25 pour chaque centaine ou fraction de centaine en plus. Pour chaque planche, ou chaque nouvelle feuille de texte, il sera payé 0',25 par chaque centaine d'exemplaires.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les mois.

Les douze livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 120 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'Etranger.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME X.

PARIS

V^o CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

**LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES**

Quai des Grands-Augustins, 49

c 1896

ANNALES DES MINES

APPLICATIONS GÉOLOGIQUES DE LA SPÉLÉOLOGIE

ORIGINE ET RÔLE DES CAVERNES
LEURS VARIATIONS CLIMATÉRIQUES
LEURS RAPPORTS AVEC LES FILONS

Par E.-A. MARTEL.

Premières études relatives aux cavernes. — La connaissance et l'étude des *cavités naturelles du sol* présentent un intérêt de premier ordre pour les géologues, les ingénieurs et les hydrologues. Les rapports intimes des puits naturels (abîmes) et des cavernes avec les sources, les eaux souterraines, les dislocations de la croûte terrestre, les filons métallifères, les dépôts d'ossements fossiles, etc., sont les éléments constitutifs de cet intérêt. Depuis moins d'un siècle seulement, on l'a scientifiquement reconnu. Le *Mundus subterraneus* du P. Kircher (*) ne renferme guère, en matière de grottes, que fables et fantaisies ; et le grand ouvrage du Baron de Valvasor, *Die Ehre des Herzogthums Krain* (**), quoique fourni de curieux renseignements, dit de la plupart des cavernes et

(*) Amsterdam, 2 vol. in-folio, 1665 et 1678.

(**) Laibach et Nuremberg, 1689 ; 2^e édition à Rudolfswerth, en 1877.

rivières souterraines, dont il esquisse la description en Carniole, que nul homme encore n'en a vu les extrémités.

Vers 1780 ou 1785, Carnus remontait du gouffre du Tindoul de la Vayssière (Aveyron), en prétendant qu'il avait « remarqué sur des pierres quelques légères incrustations de soufre et de bitume, et quelques petites veines métalliques dans des cailloux » ; de plus, il niait l'existence de la rivière souterraine qu'on y supposait (*) et que MM. Quintin et Coste y ont trouvée effectivement en 1890.

Le XVIII^e siècle produisit, notamment en Allemagne et en Autriche, quelques ouvrages relatifs aux curiosités du monde souterrain ; de 1801 à 1806, parut à Hambourg la *Beschreibung der grössten und merkwürdigsten Höhlen des Erdbodens*, en trois volumes, par Ch.-W. Ritter.

Les premières œuvres essentiellement scientifiques (**) consacrées aux cavernes furent en réalité : pour la paléontologie, les Recherches sur les ossements fossiles, de Cuvier (1821-1823, Fouvent, Gaylenreuth, etc.), les *Reliquiæ diluvianæ* de Buckland (1823), et les Recherches sur les ossements fossiles des cavernes de la province de Liège, de Schmerling (Liège, 1833-1834) ; — pour l'hydrologie et la géologie, les deux courtes, mais importantes brochures de M. Parandier (Notice sur les causes de l'existence des cavernes ; *Acad. des sciences et arts de Besançon*, 28 janvier 1833) et de Virlet d'Aoust (Des cavernes, de leur origine et de leur mode de formation, feuilleton de l'*Observateur d'Avesnes*, 1836), la notice d'Arago sur les Puits artésiens (*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1835), et l'Essai sur le remplissage des cavernes à

(*) Bosc, Mémoires pour servir à l'histoire du Rouergue. In-8°, an V.

(**) Auxquelles Cuvier avait préludé par son mémoire sur les têtes d'ours fossiles des cavernes de Gaylenreuth (*Bulletin de la Société philomathique*, Paris, 1796).

ossements (Harlem, 1835, etc.), par Marcel de Serres.

On sait quelle véritable fièvre de fouilles s'est emparée d'une foule de chercheurs, souvent plus curieux qu'expérimentés, quand Boucher de Perthes eut créé la *préhistoire*. Dès lors la littérature relative aux cavernes s'accroît considérablement : mais la préoccupation dominante est celle de la paléontologie et de la paléthnologie ; c'est elle seulement qui a conduit M. Ollier de Marichard, il y a déjà une trentaine d'années, au fond de gouffres ardéchois creux de plus de 50 mètres.

Les questions relatives à la géologie, à l'hydrologie, à l'origine et au fonctionnement des cavernes ne sont guère abordées avec quelque détail que dans les livres ou mémoires suivants :

Abbé PARAMELLE, l'Art de découvrir les sources, 1856 ; FOURNET, Hydrographie souterraine (*Académie des sciences de Lyon*), 1858 ; — DESNOYERS, article Grottes, du *Dictionnaire d'histoire naturelle* de D'ORBIGNY, 1845 et 1868 (*) ; — SCHMIDL, Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, etc., Vienne, 1854 ; — FUHLROTT, Die Grotten von Rheinland, Westphalen, Iserlohn, 1869 ; — Comte WURMBRAND, Ueber die Grotten... bei Peggau, Graz, 1871 ; — TIETZE, *passim*, dans *Jahrbuch der öster. Geologisch. Reichsanstalt*, 1873 à 1891, *passim* ; — BOYD-DAWKINS, Cave Hunting, Londres, 1874 ; — MOJSISOVICS, Karst-Erscheinungen (*Club alpin autrichien-allemand*), 1880 ; — PACKARD, Cave-Fauna of North America, 1881 ; — LUCANTE, Essai géographique sur les cavernes de France et de l'étranger, malheureusement inachevé, dans *Bulletin de la société d'études scientifiques d'Angers*, 1880 et 1882 ; — HOVEY, Celebrated american caverns, Cincinnati, 1882 ; — SZOMBATHY, Die Höhlen und ihre Erforschung (*Jahrb. des Ver. zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse*), Vienne, 1883 ; — FRUWIRTH, Ueber Höhlen, (*Club alpin autrichien-allemand*), 1883 et 1885 ; etc.

Ensuite toutes les connaissances acquises, tous les faits

(*) T. VI de la 2^e édition (1868), p. 646 à 755, assurément le plus sérieux et complet travail d'ensemble sur les cavernes qu'on ait publié en France avant les récentes recherches. Il reste plein d'utiles documents pour les futures explorations.

constatés en dehors de la préhistoire et de la paléontologie furent magistralement résumés par le grand ouvrage du regretté M. Daubrée, les Eaux souterraines à l'époque actuelle et aux époques anciennes (1887 et 1888), qui a définitivement arrêté les grandes lignes de la science physique des cavernes.

Mais, au moment même où se rédigeait ce travail capital, les explorations souterraines recevaient, en Autriche et en France, deux pays privilégiés quant au creusement de leur sous-sol, une impulsion inattendue, un développement considérable.

Extension récente des explorations souterraines. — D'abord les Autrichiens, principalement à l'instigation de M. Kraus, reprenaient partout, vers 1880, les investigations souterraines un peu délaissées depuis les belles découvertes d'Adolf Schmidl (1850-1856) ; une société d'étude des cavernes (*Verein für Höhlenkunde*) essayait de se fonder en 1879-1880, mais ne trouvait de vitalité que de 1882 à 1888, comme section (*für Höhlenkunde*) du Club des Touristes autrichiens ; en 1886, le gouvernement d'Autriche-Hongrie lui-même et diverses autorités provinciales faisaient entreprendre les explorations et travaux officiels, principalement hydrologiques, de MM. Putick, Hrasky, Riedel, Ballif, qui ne sont pas encore terminés, en Istrie, en Carniole, en Bosnie et Herzégovine ; depuis 1883, MM. Hanke, Marinitsch, Müller, Novak, autour de Trieste, et MM. Kriz, Trampler, Szombathy, Fugger, Siegmeth en Moravie, Hongrie, etc., accomplissaient une série de trouvailles réellement géographiques, qu'ils poursuivent toujours.

En France, en 1888, avec le concours de M. G. Gaudillat, ancien élève de l'École polytechnique, j'inaugurai l'application du téléphone et des bateaux démontables en toile, à l'exploration des abîmes profonds de 100 mètres

et plus, et des rivières souterraines, objets de tant de terreurs et de tant de fausses légendes. Les abîmes surtout n'avaient jusqu'alors été affrontés qu'en très petit nombre, et seulement ceux que le jour éclairait bien : la Mazocha (Moravie, 136 mètres, dont 50 à pic), par Nagel, en 1748 ; Elden Hole (Derbyshire, 80 mètres), par Lloyd, en 1770 ; le Tindoul (Aveyron, 60 mètres), par Carnus, vers 1780 ou 1785 ; Allum-Pot (Yorkshire, 90 mètres) par Birkbeck et Metcalfe, en 1847 et 1848 ; Piuka-Jama (Carniole, 65 mètres), par Schmidl, en 1852 ; l'exploration du fameux puits de Trébič (Istrie, 322 mètres) par Lindner, en 1840-1841, fut un vrai travail d'ingénieur qui dura onze mois.

Depuis huit ans, j'ai consacré presque tous mes loisirs et toutes mes ressources à ces pénétrations profondes et lointaines dans une foule de cavités inconnues, étendant mes recherches avec le concours de nombreux collaborateurs, et en exécution de missions scientifiques confiées par le Ministère de l'Instruction Publique, non seulement aux diverses régions cavernueuses de la France, mais encore à la Belgique, au Karst autrichien, à la Grèce, à l'Angleterre et à l'Irlande.

Cette sorte de renaissance, en partie double, des études souterraines d'ordre physique a, en dix ans, non pas bouleversé les notions déjà acquises, mais confirmé pratiquement la justesse de belles théories géologiques, fait justice de certaines hypothèses inexactes, quoique fort séduisantes, mis fin à bien des controverses, en un mot fixé davantage les idées sur les phénomènes intérieurs de la partie supérieure de l'écorce terrestre. Elle a surtout révélé l'existence d'une quantité d'autres divers, utiles à connaître à plus d'un titre.

Le tableau des nouvelles données ainsi recueillies a été sans délai exposé par trois récents ouvrages, parus presque simultanément, et mettant au point l'état actuel

de la *Höhlenkunde*. La *Höhlenkunde* est la science des cavernes qui, sous le nom générique de *spéléologie* (*), cherche maintenant à revendiquer une petite place à part dans la série des sciences naturelles. Les trois ouvrages en question sont :

J. Cvijić, Das Karst-Phänomen, 3^e cahier du tome V des *Geographische Abhandlungen* de PENCK; Vienne, Hölzel; in-8°, 1893, 114 pages et figures; — E.-A. MARTEL, Les Abîmes, explorations de 1888 à 1893; in-4°, 580 pages, 320 plans et gravures; Paris, Delagrave, 1894; — F. KRAUS, Höhlenkunde, manuel des explorations souterraines; in-8°, 308 pages, 161 plans et gravures; Vienne, Gerold, 1894 (**).

Depuis leur apparition, j'ai continué mes recherches : une heureuse campagne en Angleterre et en Irlande (juillet-août 1895), qui a complètement fixé mes idées sur divers points douteux, et une étude d'hiver (mars-avril 1896), dans plusieurs grandes cavernes des Causses m'ont même livré assez d'indications neuves pour que je puisse ici présenter aujourd'hui un travail inédit, que je diviserai en trois parties (***) :

- I^{re} partie. — Origine et rôle des cavités naturelles ;
- II^e partie. — Variations climatériques dans les cavernes ;
- III^e partie. — Cavernes du Peak (Derbyshire) et leurs rapports avec les filons métallifères.

(*) Une Société internationale de spéléologie s'est fondée à Paris, à la fin de 1894; elle compte actuellement 220 membres et publie un *Bulletin* (*Spelunca*) et des *Mémoires*.

(**) Il faut citer encore les recherches géologiques toutes nouvelles de MM. Gumbel, Ranke, Zittel, Nehring, Kloos, Blasius, Schwalbe, Endriss, etc., dans les cavernes de l'Allemagne, et la récente fondation du *Schwäbischer Höhlen-Verein* à Gutenberg, en Wurtemberg.

(***) Je ne le surchargerai pas de notes bibliographiques détaillées; les spécialistes les trouveront aussi abondantes et aussi complètes que possible dans les trois ouvrages ci-dessus indiqués.

PREMIÈRE PARTIE.

ORIGINE ET RÔLE DES CAVITÉS SOUTERRAINES.

Terrains caverneux. — Les cavités naturelles du sol ne se rencontrent *en principe* que dans les formations géologiques compactes, mais fissurées. Les terrains meubles, poreux, de transport, tels que les sables, graviers, scories, moraines, etc., peuvent être considérés comme non caverneux. L'incohérence de leurs éléments empêche les larges vides, sinon de s'y former, du moins de s'y maintenir.

ORIGINE DES CAVERNES. — *Joints et lithoclases.* — Les principales causes de la formation des cavités naturelles sont au nombre de deux : la préexistence des fissures des roches et le travail des eaux d'infiltration.

Il conviendrait, surtout au point de vue de l'origine des cavernes, de bien distinguer deux sortes de fissures dans les roches : les *lithoclases* et les *joints*. Ce dernier terme, en effet, a donné lieu, chez les architectes, comme chez les géologues qui le leur ont emprunté, aux définitions les plus contradictoires (*) et à une gênante confusion entre les *plans* de stratification et les autres fissures.

(*) Pour Quatremère de Quincy (Dictionnaire d'Architecture) et Larousse (Grand Dictionnaire), les joints sont, en général, les *intervalles qui séparent les pierres*, les *fissures naturelles qui traversent les roches*, quel qu'en soit le sens.

Viollet-le-Duc (Dictionnaire d'Architecture) et la Grande Encyclopédie réservent le nom de joints aux faces par lesquelles les pierres « sont contiguës latéralement » et appellent tout spécialement *lits* leurs plans de « séparation horizontaux ».

D'autres, dont l'opinion est adoptée aussi par le Dictionnaire de Larousse, emploient les termes de *joints de lit* pour les joints horizontaux et *joints montants* pour les joints verticaux.

En géologie, même confusion :

Arago d'abord a écrit que les terrains tertiaires sont stratifiés,

La nécessité de bien distinguer les plans de stratification des fentes qui traversent les bancs, saute aux yeux dans des cavernes comme Bramabiau, Adelsberg, Padirac, etc. Très généralement, en effet, il s'est formé entre les strates « des galeries basses ou tunnels, où la largeur l'emporte sur la hauteur, et dans les diaclases des allées longues, étroites et élevées » (Abîmes, p. 196).

Bien plus, il y a des cavernes (comme la Recca de Saint-Canzian par exemple) et surtout des abîmes, creusés aux

c'est-à-dire composés de couches superposées et séparées à la manière des *assises* d'un mur par des *joints* nets et bien tranchés (Notice sur les puits artésiens, *Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1835, p. 203). Pour lui, les joints semblent bien être les *plans de stratification*.

Le géologue irlandais Kinahan distingue dans les roches stratifiées trois sortes de *fentes* ou *joints* : 1° Les joints *mineurs*, locaux, limités à une ou quelques strates ; 2° les joints *majeurs*, qui recoupent toutes les strates ; 3° les *lignes de joints* (*joint lines*), ou plans de stratification (Valleys and their relations to fissures, fractures and faults; Londres, Trubner, 1875, in-8°, p. 13 et 20).

M. Daubrée a éclairci la question : « Les cassures des roches ont reçu, en général, le nom de *joints*, adopté par les géologues anglais : ce nom, emprunté à l'architecture, où il désigne les plans suivant lesquels on a assemblé les assises d'une construction, paraît inexact lorsqu'il s'agit, au contraire, de faces de rupture... Les joints sont plus petits que les failles, auxquelles ils se rattachent parfois et dont ils sont congénères » (Études de géologie expérimentale, p. 300-306, 325, 333, 351). Et il a proposé les très heureux termes généraux de *lithoclases* et de *diaclasses*. Le seul inconvénient de cette classification c'est qu'en déclarant que « les diaclases traversent les plans stratifiés » (Eaux souterraines, t. I, p. 133), M. Daubrée semble adopter pour les joints *mineurs* de Kinahan la définition de Viollet-le-Duc (intervalles latéraux), à l'encontre de celle d'Arago ; de plus, il ne donne pas de nom aux plans de stratification.

M. Édouard Dupont s'en est aperçu en ces termes : « Les diaclases sont des fentes à travers bancs, qui n'interrompent pas la continuité du plan de ceux-ci » ; .. elles divisent les masses calcaires en grands parallélipèdes, par leur combinaison croisée avec un troisième plan, qui est fourni par la stratification (Les phénomènes des cavernes, *Annales de la Société belge de géologie*, t. VII, 1893, p. 14).

De même, M. de Lapparent : « Les joints ou diaclases peuvent résulter soit du retrait de la roche par dessiccation, soit des mouvements en masse du terrain, et il s'y ajoute les fentes horizontales que peuvent engendrer les lits de stratification » (DE LAPPARENT, Leçons de géographie physique, p. 85).

dépens des seules diaclases dans des roches point ou à peine stratifiées (dolomies des Causses, etc.).

Je me suis trouvé moi-même si souvent embarrassé, par cette confusion, dans les descriptions à faire, que j'ai fini par appliquer uniquement le terme de *joints* aux plans de stratification, en adoptant pour toutes les autres cassures les noms et la subdivision des *lithoclasses*, créés par M. Daubrée. Cela m'a paru si commode, et si conforme à la disposition des cavités explorées, que je proposerai d'opposer tout à fait aux *diaclases* les *joints de stratification*. Observation faite que ces joints, en principe horizontaux, sont souvent, par suite de dislocations postérieures à la sédimentation, fortement redressés sur l'horizon (à Han-sur-Lesse, Adelsberg, etc. ; Les Abîmes, p. 429, 438, 442, 447, etc.), parfois même jusqu'à la verticale (gouffres du Ragas, Var ; de Caussols, Alpes-Maritimes, etc. ; Les Abîmes, p. 417) ; et qu'en conséquence il est inutile et impraticable de chercher un caractère distinctif (comme l'a fait à tort Viollet-le-Duc pour les monuments) dans l'horizontalité ou la verticalité des *joints de stratification*.

Rôle capital des fissures du sol. — Ceci posé, tout ce que j'ai vu sous terre, dans plus de trois cents abîmes, cavernes et sources, confirme absolument cette notion générale, fort bien exposée par Desnoyers (mémoire cité), que les fissures du sol, dues tant aux grandes dislocations dynamiques de l'écorce terrestre qu'aux effets plus restreints de rupture par dessiccation, retrait ou compression des roches elles-mêmes, ont été *les directrices générales* des cavités. C'est ce qu'on a pris l'habitude d'appeler les *lignes de moindre résistance*. M. Daubrée a formulé une loi des plus justes en disant que « le premier rôle revient aux cassures souterraines » (Eaux souterraines, I, p. 299). Les cavernes de Bramabiau (Gard ; V. ci-après), Miremont

(Dordogne), Padirac (Lot), Mitchelstown (*) (Irlande, longue de 2 kilomètres), Han-sur-Lesse (Belgique), Adelsberg (Autriche), Sloup (Moravie), Kapsia et Palæochori (Péloponèse), Mammoth-Cave (États-Unis), en sont de topiques exemples pris dans diverses parties du monde.

Comment l'eau s'est ensuite servie de cette canalisation plus ou moins largement préparée d'avance, comment elle en a agrandi et modifié les veines plus ou moins amples pour y établir sa circulation souterraine, comment elle l'a çà et là transformée en cavernes souvent très vastes, c'est ce que nous examinerons tout à l'heure.

Au préalable, il importe de noter que, comme toute bonne règle, cette loi si simple de la genèse des grottes et abîmes souffre certaines exceptions, exceptions tirant leur origine des dissemblances pétrographiques des divers terrains.

Cavernes indépendantes de la fissuration. — Ainsi les roches qui, sans être précisément meubles, incohérentes, comme les graviers, ont la propriété de se dissoudre ou de se dissocier dans l'eau, peuvent posséder des vides souterrains naturels indépendants de toute fissuration du sol.

Tels les grès de Fontainebleau et les dolomies sableuses de Montpellier-le-Vieux (**) (Aveyron) qui présentent un certain défaut d'homogénéité : au sein de leurs masses dures, résistantes, se rencontrent des sortes de poches friables, portions de roches dont les éléments n'ont pas été agglutinés par le ciment qui a fait *prendre* le surplus. Ces parties sableuses, *évidées* par les eaux courantes ou d'infiltration, qui entraînaient leur contenu inconsistant,

(*) V. E.-A. MARTEL, Mitchelstown-Cave, dans l'*Irish Naturalist*, t. V, n° 4, avril 1896, avec plan au 2.000°, Dublin, Eason.

(**) L. DE MALAFOSSE, *Bulletin de la Soc. de Géographie de Toulouse*, 1883; — TRUTAT, Une excursion à Montpellier-le-Vieux, in-8°, 15 p., Toulouse, Durand, 1885; — MARTEL, *Bulletin de la Soc. géologique*, 16 avril 1888, p. 509, et Les Cévennes, p. 127.

ont, par places, donné naissance à de vraies grottes. Ce sont les cavernes « produites par l'entraînement des matières arénacées » (Daubrée). La solubilité du gypse et surtout du sel gemme crée aussi des vides souterrains, non plus par entraînement dû à une eau mouvementée, mais par l'action chimique de l'eau, par la *corrosion* qui *mange* et fait fondre la roche comme du sucre. Ce sont les grottes de dissolution : cavités d'Eisleben et des lacs du Mansfeld (en Thuringe) (*) ; entonnoir d'Ain-Taïba (Sahara) (**) ; cloche de Taverny (Seine-et-Oise, en partie due aussi à l'érosion ; Les Abîmes, p. 410) ; Kraus-Grotte près Gams (Styrie ; Höhlenkunde, p. 98) ; mares de Meurthe-et-Moselle ; éboulements du Cheshire, etc.

Ces grottes d'*entraînement* et de *dissolution* ne comportent pas nécessairement la préexistence de fissures en ayant favorisé le développement : l'eau seule est parfaitement capable de les produire ; toutefois, cela n'a lieu que dans des formations géologiques de nature particulière et, en général, sur une échelle assez restreinte.

Grottes d'explosion volcanique. — Au contraire, les terrains volcaniques montrent des cavités où l'eau, du moins sous sa forme liquide, n'a nullement concouru au creusement : ce sont les cavernes d'*explosion*, qu'ont ouvertes les éruptions volcaniques ou les bulles de gaz et de vapeur d'eau crevant les roches ; ce sont les grottes de *refroidissement* dues au retrait subi par les roches plutoniques, pendant l'abaissement de leur température. Aux îles Açores plusieurs grandes poches (Forno de Graziosa, Fayal, etc.), depuis partiellement occupées par des eaux d'infiltration, semblent avoir cette origine ; de même,

(*) V. pour les éboulements des terrains et l'abaissement du niveau des lacs du Mansfeld survenus en 1892 : ULE, Die Mansfelder-Seen, Eisleben, 1893, in-12 ; — et KREBS, Die Erhaltung der Mansfelder-Seen, Leipzig, 1894, in-8°.

(**) DAUBRÉE, Eaux souterraines, I, p. 292, 300 ; II, p. 83.

certaines cavités des coulées d'Islande, d'Auvergne, de la Réunion, de l'Etna, des îles Lipari, etc. (*). Le point est controversé pour la curieuse mofette si froide du *Creux-de-Souci* (Puy-de-Dôme; Les Abîmes, p. 389, 392), qui peut être due d'abord à l'explosion d'une bulle volcanique et ensuite à l'agrandissement par érosion du vide ainsi produit.

Dans les grottes volcaniques, en somme, la dynamique interne a souvent joué le rôle prépondérant; et si l'eau est intervenue après coup, c'est rarement avec la même efficacité que dans les calcaires, la roche caverneuse par excellence.

Créer deux autres subdivisions pour les cavernes de *glissements superficiels* et les *cavernes marines* me semble inutile.

En effet, les grottes ménagées entre les interstices de grands blocs éboulés relèvent et de la fissuration et de l'infiltration; car c'est toujours par dilatation des fissures de la pierre, par dislocation des assises rocheuses, par entraînement ou dissolution de leurs supports, que l'eau, insinuée dans les lithoclasses, a provoqué les glissements de pans entiers de montagnes (Rossberg, Elm, Diable-rets, Granier, Saint-Laurent, etc., Pas-de-Souci du Tarn, Plurs, Alleghe, Dent-du-Midi, La Réunion, Nanga-Parbat, etc.) (**).

Il est vrai que des chambres souterraines ont pu se disposer naturellement, entre les plus gros fragments du chaos d'effondrement arc-boutés les uns contre les autres. Les causes premières restent les lithoclasses et l'eau. Les caves de Roquefort (Aveyron) sont un exemple classique de ce type (**); M. A. Janet, de Toulon, vient d'en ren-

(*) V. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 3^e édit., p. 393.

(**) Pour les dates de ces grands éboulements, V. Les Abîmes, p. 199; — et DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 3^e éd., p. 205.

(***) DAUBRÉE, *Eaux souterraines*, I, p. 301; *Tour du monde*, 1875, II, p. 156.

contrer un autre, des plus remarquables et imposants, à Roquebrune, dans le massif des Maures (Var) (*).

Autres causes invoquées pour expliquer l'origine des cavernes. — Rappelons quelques autres idées mises en avant pour expliquer l'origine des cavernes.

Buffon d'abord invoquait les *tremblements de terre* ; insuffisante comme cause unique, celle-ci n'est cependant pas tout à fait négligeable ; le 23 février 1828, un phénomène séismique fit effondrer une partie du grand dôme de Han-sur-Lesse, etc. (V. Les Abîmes, p. 446). Celui de Grèce, en 1894, a ouvert de nombreuses crevasses, comme en Calabre en 1783 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 juillet et 6 août 1894), etc. Par contre, le grand tremblement de terre qui a ravagé, en 1895, la ville de Laibach (Carniole), à diverses reprises, n'a eu aucun retentissement dans les cavernes ou abîmes de Saint-Canzian-Am-Karst, Divacca, Trebič, Adelsberg, Kačna-Jama, etc. (**).

En 1833, M. Parandier lut à l'Académie des sciences et arts de Besançon (séance du 28 janvier 1833) une notice (***) Sur les causes de l'existence des cavernes, où il invoquait quatre ordres de faits : 1° la différence de dureté ou de mollesse des calcaires ; 2° des eaux de corrosion plus denses et plus chaudes que celles de nos jours ; 3° des soulèvements de terrains ayant produit des cassures ; 4° un brusque abaissement des eaux provoqué par ces soulèvements. Il reconnaît déjà, mais moins formellement que ne devait le faire Virlet trois ans plus tard, la véritable importance des fissures du sol.

(*) Communication au Congrès des sociétés savantes à la Sorbonne, 9 avril 1896.

(**) V. *Spelunca*, n° 2 (1895), p. 75 ; — et MARINITSCH, *Mémoires de la Soc. de Spéléologie*, n° 3 (avril 1896), p. 11.

(***) Publiée en 1833 par cette Association et résumée dans le *Bulletin de la Soc. géologique*, 7 mai 1883, 3^e s., t. XI, p. 445.

Il est loisible assurément de supposer que les eaux souterraines étaient plus chaudes, plus chargées d'acide carbonique, par conséquent plus dissolvantes. Mais les faits qu'invoquait M. Parandier sont quelque peu hypothétiques. Ses idées n'en ont pas moins été presque intégralement *recopiées*, détail généralement ignoré, par Marcel de Serres dans son livre sur les cavernes à ossements, dont la première édition est postérieure de deux ans au mémoire de M. Parandier. Ces deux auteurs ont soutenu aussi que l'eau par ses dépôts (stalagmites et argile) bouche les cavernes au lieu de les agrandir : cela est vrai pour les eaux dormantes et de suintement, mais pas toujours pour les eaux courantes, dont le mouvement empêche généralement les dépôts, et active l'érosion et la corrosion (Les Abîmes, p. 539).

De Malbos (*) et Lecoq (**) ont voulu substituer à l'action de l'eau celle des gaz dégagés de l'intérieur de la terre; sauf ce que nous avons dit pour certaines cavernes volcaniques, cela est manifestement une erreur.

Simony et Zippe ont pensé que l'acide carbonique avait commencé par user, par *carier*, les roches calcaires, et que les écroulements étaient survenus ensuite.

Ami Boué (***) a même imaginé que certaines cavernes ont pu être agrandies par les gaz émanant des corps organiques en décomposition (animaux et végétaux) jetés ou charriés fortuitement.

Mais aujourd'hui tout le monde est d'accord (Fournet, Boisse, Thirria, Boyd-Dawkins, Phillips, Hughes, Neumayr, de Lapparent, etc.) pour bien reconnaître l'influence prépondérante des fissures.

Rôle des failles. — Avant de terminer ce qui concerne

(*) Mémoire et notice sur les grottes du Vivarais, 1853.

(**) Epoque géologiques de l'Auvergne, t. II, p. 255.

(***) Pour la bibliographie, V. Les Abîmes, p. 540.

le rôle des cassures du sol, rappelons que Boyd-Dawkins n'a pas été le seul à soutenir que « les cavernes ne sont pas généralement sur les lignes de failles » (Cave-Hunting, p. 57). Il se base, pour soutenir cette thèse, sur ce que les cavernes du Peak en Derbyshire (dont je parlerai tout à l'heure) traversent à angle droit deux, sinon trois failles. Or, non seulement les failles servent de canaux d'ascension à quantité de sources ordinaires, minérales et thermales (*), mais encore les exemples de grottes ou d'abîmes pratiqués aux dépens de véritables failles ne sont pas rares : j'ai décrit ou cité moi-même (**) ceux du Boundoulaou (Aveyron), du Tindoul de la Vaysière (Aveyron), de l'Igue de Simon (Lot), des Vitarelles (Lot), de Montmège (Dordogne), de Padirac (***) (Lot), etc., auxquels une importante étude de M. F. Mazauric vient d'ajouter celui, très caractéristique, du *spélunque de Dions* (****) (Gard). L'existence fréquente de cavernes au sein des failles ne peut plus être mise en doute. Elle avait été, d'ailleurs, parfaitement reconnue par Desnoyers (mémoire cité).

Action des eaux dans les cavernes. — Examinons maintenant comment les eaux ont agi pour transformer en cavernes les cassures du sol.

Origine des eaux souterraines. Infiltrations. — Il est probable que toutes les eaux souterraines ont pour origine les produits de la condensation atmosphérique, précipités sous forme de pluie et de neige, et partiellement engloutis dans les différents *méats* des terrains perméables : soit dans les interstices des formations meubles, soit dans

(*) DAUBNÉE, *Eaux souterraines*, I et II, *passim*; la Touvre, Vaucluse, etc.

(**) *Les Abîmes*, p. 175, 179, 240, 309, 320, 365, 537.

(***) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 21 octobre 1895.

(****) *Mémoires de la Société de Spéléologie*, n° 2, février 1896.

les crevasses des roches fissurées ouvertes à la surface même du sol. Cet enfouissement se nomme l'*infiltration*, par opposition au *ruissellement*, qui laisse les eaux météoriques s'écouler à l'air libre sur les pentes des terrains imperméables.

Eaux thermales. Inaccessibilité de leurs canaux. — Suivant qu'elles sont ou non arrêtées dans leur descente par des lits imperméables intercalaires, les eaux infiltrées ne pénètrent pas très bas dans l'épaisseur de l'écorce terrestre, ou bien elles s'enfoncent, au contraire, profondément ; les premières forment les nappes *phréatiques* (*Grundwasser*, eaux de puits) des terrains meubles et les sources *ordinaires*, qui jaillissent aux points où une dépression quelconque recoupe une roche perméable superposée à une roche imperméable ; ces sources sont froides ou *tempérées* (inférieures à 25° C.) ; les secondes, après s'être réchauffées plus ou moins bas dans la terre, remontent, de plusieurs kilomètres parfois (*), très souvent par des failles (sources thermo-minérales, et géothermales, geysers, etc.). Sauf accidentellement dans des mines, les canaux et cavités que parcourent ces dernières n'ont pas été jusqu'à présent accessibles à l'homme.

Il est vrai que Miss Luella Owen vient de signaler que la grande *caverne du Vent* (Wind Cave, près Hot-Springs, Dakota) (**), serait, croit-on, « le lit d'un geyser éteint », présentant encore cette particularité de *souffler* parfois de violents coups de vent ; mais cette sommaire indica-

(*) DELESSE (Recherches sur l'eau dans l'intérieur de la terre) pense qu'à 18.500 mètres seulement, à 600° de chaleur, l'équilibre se produit entre le poids des roches et la force élastique de la vapeur d'eau. Il y a, d'après lui, de l'eau souterraine libre jusqu'à 18.500 mètres.

(**) 210 chambres et 156 kilomètres de couloirs déjà connus (?): profondeur atteinte, 300 mètres.

Cavernes américaines (*Bulletin de la Société de Spéléologie*, n° 5, 1^{er} trimestre 1896).

tion, si nouvelle, devra être contrôlée par un examen scientifique approfondi.

Réfutation de l'origine geysérienne des abîmes. — L'obstruction (probablement universelle) des cassures du sol ayant servi de canaux ascensionnels aux sources thermo-minérales aujourd'hui taries, doit contribuer à la réfutation définitive d'une trop séduisante théorie ; c'est celle qui a été mise en avant pour expliquer l'origine d'une catégorie toute spéciale de cavités, les grands puits naturels verticaux qui méritent si bien le nom d'*abîmes* et qui, maintenant encore, à la différence des geysers et volcans éteints, restent vides jusqu'à une notable profondeur. D'Omalius d'Halloy, le premier, a voulu voir dans ces abîmes des *cheminées d'éruptions geysériennes* ; il prenait pour résidu de la dernière éjaculation les argiles ferrugineuses (*sidérolithiques*) trouvées autour et au fond de ces gouffres; Scipion Gras, MM. Bouvier, Lenthéric et P. Raymond l'ont suivi dans cette opinion (*). Je répéterais ce que j'ai dit ailleurs, si je rappelais longuement comment les profondes descentes que les Autrichiens et nous-mêmes avons opérées jusqu'à 200 et même 300 mètres sous terre, dans ces étroites cassures à pic, ont démontré aussi la fausseté de cette hypothèse geysérienne(**). Certes, les véritables *cheminées* de la Kačna-Jama (***) (Istrie ; 213 mètres), la grotte des Morts (Istrie ; 255 mètres), Vigneclose (Ardèche ; 190 mètres), Jean-Nouveau (Vaucluse ; 163 mètres), Rabanel (Hérault ; 212 mètres), Trouchiols (Aveyron ; 130 mètres), etc., etc., excusent, par leur seule coupe, l'idée qu'on a eue d'en faire

(*) Adoptée partiellement par M. Parandier (*notice citée*, p. 7 et 20, et *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique*, 15 juin 1896, p. cxiv).

(**) *Les Abîmes*, p. 38, 48, 475 et 519; *la Nature*, n° 1049, 24 juin 1893 (abîme de Jean-Nouveau).

(***) V. J. MARINITSCH, La Kačna-jama, *Mémoires de la Société de spéléologie*, n° 3, avril 1896.

des *évents* d'eaux profondes. (N'a-t-on pas même été jusqu'à traduire ainsi le mot *aren* qui, d'après M. Daubrée (*), paraît venir bien plus naturellement du celtique *avain*, ruisseaux, en bas-breton *awen*?) Mais elles ne suffisent pas pour la justifier; et leurs dispositions intérieures la condamnent complètement; elles contiennent presque toutes des cloisons intermédiaires et des corniches (ou redans), que la force éruptive interne eût certainement emportées et nivelées. Si la plupart de ces tuyaux sont bouchés au fond, c'est souvent par les matériaux qui y sont tombés depuis des centaines de siècles; quelques-uns sont greffés sur de vastes cavernes en pente douce où circulent encore parfois les crues de rivières souterraines (Rabanel et Kačna-Jama); il en est de même de beaucoup d'autres puits naturels maintenant connus: Trébič (Istrie; 322 mètres), Padrič (Istrie; 270 mètres), Gradisnica (Carniole; 225 mètres), Bassovizza (Istrie; 205 mètres), Viazac (Lot; 155 mètres), la Bresse (Aveyron; 133 mètres), Hures (Lozère; 130 mètres), etc., qui, non seulement communiquent avec des grottes nullement verticales, mais encore sont formés d'une série de *bouteilles* superposées, indiquant nettement l'action des eaux superficielles engouffrées et tournoyantes; je me suis trop étendu, dans mes précédentes publications, sur cette véritable origine de la plus grande partie des puits naturels, pour y insister de nouveau ici. Il suffira de retenir que, si ceux qu'on n'a pas trouvés obstrués par des matériaux de transport aboutissent tous à des galeries développées surtout dans le sens horizontal, c'est uniquement parce que l'eau perforante a dû changer son mode de descente, en atteignant des couches de terrain imperméable; au contact des formations argileuses, elle a remplacé la chute verticale par un écoulement dans le sens du pendage, à la base des roches perméables fis-

(*) *Eaux souterraines*, I, p. 297.

surées. Si le puits supérieur était une cheminée geysérienne, pourquoi donc serait-il brusquement prolongé par une galerie en pente douce ?

Terra Rossa. — Enfin, de savants géologues (*) ont contribué à faire abandonner l'hypothèse de d'Omalus d'Halloy, en démontrant que l'argile rouge (*terra rossa* du Karst), dite sidérolithique, n'est que la « cendre insoluble du calcaire » (Mojsisovics), le résidu de la « décalcification » (Munier-Chalmas) des roches calcaires, débarrassées de leur carbonate de chaux par la *corrosion*, ou action chimique des eaux météoriques acidulées. Cette *cendre* n'a rien d'éruptif; son origine est purement hydrologique.

Je viens d'empiéter sur ce que j'aurai à dire bientôt des abîmes; mais la réfutation de la *théorie geysérienne* rentre bien dans l'étude de l'origine des cavités du sol; de plus, j'ai établi ainsi que l'allure des eaux thermales remontantes et leurs effets sur les cassures n'ont pas pu, jusqu'à présent, être examinés pratiquement; les travaux de mines eux-mêmes n'ont guère permis que des conjectures théoriques. Je reviendrai sur ce sujet dans la troisième partie du présent mémoire.

ÉTUDE DES EAUX DANS LES CAVERNES. — Au contraire, les eaux d'infiltration ordinaires ont pu être atteintes et étudiées matériellement, jusqu'à un peu plus de 300 mètres au-dessous de la surface du sol (à la Kačna-Jama, 305 mètres, et à Trébič, 322 mètres; V. ci-dessus). Et le principal résultat des explorations faites en France et en Autriche, depuis dix ans, a été justement de faire mieux connaître « les dispositions indéfiniment variées par lesquelles les lithoclasses déterminent et dirigent la circu-

(*) Fuchs, Neumayr, Leenhardt, Van den Broeck, Diener, Cvijić, etc. V. Les Abîmes, p. 549.

lation des eaux souterraines » ; elle a rendu praticable cette « classification rationnelle de ces mécanismes », que M. Daubrée, en 1887, déclarait « très difficile, sinon impossible, si l'on tient compte de l'impuissance où se trouve l'observateur de suivre ces dispositions jusqu'à une grande profondeur » (Eaux souterraines, I, p. 129).

Pénétration profonde par les abîmes. — Cette œuvre de pénétration profonde, si importante pour la connaissance et la régularisation artificielle du régime des sources, pour la main-mise sur une foule de réservoirs souterrains inutilisés, en est à peine à ses débuts : elle est restée, jusqu'à présent, dévolue à l'initiative privée de trop petits groupes de spécialistes ; il lui faudra l'appui des pouvoirs publics et le concours de nombreux adeptes pour progresser comme elle doit le faire. La *traversée* complète d'un des grands Causses languedociens sur 400 à 500 mètres d'épaisseur, de la gueule d'un haut aven à l'issue d'une source basse, n'a pas encore pu être effectuée, à cause des difficultés qu'elle présente et des coûteux travaux qu'elle entraînerait. Bien que l'eau, certainement, la réalise, il n'est même pas encore prouvé qu'elle soit matériellement possible pour l'homme.

Les gouffres jusqu'ici explorés ont, en effet, conduit aux constatations et réflexions suivantes.

Il en est deux qu'on a débouchés, l'un très facilement, le Tindoul de la Vayssière (Les Abîmes, p. 68 et 239), l'autre, à l'aide de travaux considérables, le Trébiç (V. *suprà*) et qui ont mené à des rivières souterraines.

Il en est un au contraire qu'on a rebouché en y jetant des pierres : c'est celui de Calmon (Lot ; Les Abîmes, p. 330), où MM. Pons et l'abbé Albe, en 1895, n'ont pas pu refaire (*) notre première exploration de 1892.

(*) *Spelunca*, n° 4, 1895, p. 130.

Il en est un autre où les travaux d'élargissement ont dû être arrêtés, devant la persistance du rétrécissement des parois ; c'est la grotte des Morts, près de Trieste (Les Abîmes, p. 475), qui a inutilement fait perdre 20.000 francs et quatre vies humaines.

Ceux où il faudrait essayer la désobstruction se présentent, au fond atteint actuellement, sous trois aspects différents :

1° Bouchés par des talus de pierres, des amas de sable, ou des concrétions stalagmitiques, à travers lesquels l'eau filtre, et dont l'accumulation n'est peut-être due qu'à un court rétrécissement des fissures naturelles : ainsi Gaping-Ghyll (Yorkshire, Angleterre) (*) absorbe, dans son fond de gravier, la cascade qui se précipite dans sa cheminée haute de 100 mètres et qui, 1.600 mètres plus loin et 50 mètres plus bas, ressort à Ingleborough-Cave ; — Trouchiols (Causse Noir ; 130 mètres) se termine de même, et ses eaux de suintement doivent reparaitre par une source riveraine de la Dourbie ; mais ici la descente inconnue atteint l'épaisseur de 270 mètres. Qui sait s'il ne suffirait pas d'un léger déblai dans les éboulis des avens de Dargilan, de Fontlongue, de Ganges et de Jean-Nouveau, pour conduire aux prolongements des grottes de Dargilan (Lozère), Saint-Marcel (Ardèche), Ganges (Hérault) et aux canaux mystérieux de Vaucluse ? Les stalagmites ou les pierres une fois enlevées au Marzal et à Vigne-Close (Ardèche), à Planagrèze et aux Brantites (Lot), à Padric et à la Kosova-Jama (Istrie) (**), etc., que ne trouverait-on pas en arrière ?

2° Arrêtés, en apparence, par une argile imperméable, plus ou moins imprégnée d'eau : à lou Cervi (Vaucluse), à

(*) E.-A. MARTEL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 janvier 1896 ; et *la Nature*, n° 1182, 25 janvier 1896.

(**) *Spelunca*, n° 1 (1895).

Rabanel (Hérault), à Viazac (Lot). Se trouve-t-on alors en présence d'une alluvion souterraine et d'un résidu de décalcification, ou bien au sommet d'une zone intercalaire de marne argileuse formant niveau d'eau? Dans le premier cas la désobstruction du bouchon peut réussir. Pour le second cas, j'exprimais, en 1889 (*), à la suite de ma première campagne, la crainte « qu'à la base des dolomies supérieures des Causses, le couronnement argileux des marnes constituât une couche imperméable »; et je me demandais si les eaux retenues par ces marnes se déversent plus bas par de menues gerçures de suintement, ou bien, comme l'a indiqué M. Fabre, par des failles (ou diaclases) coupant les plans d'eau superposés aux marnes. La question reste pendante: dans les zones marneuses, plus ou moins pâteuses et délayables, le hasard et le déblaiement peuvent seuls faire découvrir des fentes assez larges et assez libres pour livrer passage à l'homme et lui permettre de suivre l'eau.

3° Terminés, après une plus ou moins longue descente de grand diamètre, par des fissures si étroites qu'on peut les dire capillaires: à Combelongue (Causse Noir), j'ai pu, en vrai ramoneur, descendre dans une cheminée de ce genre, de 30 à 50 centimètres de diamètre, pendant 25 mètres; plus bas, la fissure se prolongeait d'autant au moins, mais avec 15 centimètres seulement de diamètre; à l'abîme de Hures (Causse Méjean), l'exploration de M. Arnal (en 1892) a été arrêtée par un gros tronc fermant une crevasse (à 130 mètres sous terre), dans laquelle les pierres tombaient beaucoup plus bas; se rétrécissant ainsi, le trou de Champniers (Charente) m'a empêché d'arriver aux réservoirs inconnus de la Touvre; de même, j'ai rencontré pareil obstacle dans les petits gouffres de

(*) *Bulletin de la Société géologique*, 3^e série, t. XVII, 20 mai 1889, p. 619.

Cong (Irlande), qui ne m'ont pas permis d'atteindre les communications souterraines existant entre les deux loughs (lacs) Mask et Corrib. Le Katavothre de Gatzouna (Péloponèse) se continue par une fissure impénétrable d'au moins 18 mètres de profondeur (Les Abîmes, p. 510; V. aussi p. 113, 203, 207). Que donnerait l'élargissement de ces fentes? l'échec de la grotte des Morts? ou l'étonnant résultat de Trébić? Les sources basses du Causse Méjean, toutes siphonnantes à plus ou moins brève distance, sont, sans doute possible, la fin de courants souterrains, comme ceux du Tindoul, de Padirac, du Mas Raynal, des Combettes, de la Piuka! Tenant compte de la distance, et de la pente de ces rivières intérieures (qui atteint parfois 15 p. 100), et se rappelant qu'elles ont pu être rejointes naturellement par les gouffres eux-mêmes, là où l'épaisseur du plateau ne dépasse pas 100 mètres, il est absolument permis d'espérer à Hures un nouveau Trébić, peut-être guère plus profond, et menant à l'aqueduc-réservoir d'une source. A cause de la grande différence d'altitude, il est probable que le *soutirage* du drainage a été assez énergique pour pratiquer de larges canaux de descente. Tout est subordonné, comme dans le cas précédent, à la teneur en argile des zones intermédiaires entre les abîmes et les sources et au degré de *colmatage* souterrain des fentes naturelles de ces zones.

L'aven de Hures, que je viens de citer, est un des premiers dont il faille tenter la désobstruction. C'est celui qui présente le plus de chance de pénétrer de part en part un grand Causse, plus puissant que le Larzac au Mas-Raynal. Quand une telle pénétration réussira, on y résoudra sans doute de capitaux problèmes hydrologiques. C'est une entreprise de l'avenir, aujourd'hui amorcée à ses deux extrémités : mais sa réalisation exigera des travaux qu'un particulier ne saurait entreprendre.

Il y a des cavités où l'échappement intérieur des eaux

s'est fait, ou se fait encore, par des fissures de plus en plus rétrécies, mais à un niveau inférieur à toutes les plaines et vallées environnantes ; ou, du moins, si peu différent, qu'on ne connaît aucune fontaine pouvant servir d'issue à ces eaux : telles sont les grottes de Mitchelstown (Irlande), Cravanche (près Belfort), Miremont (Dordogne), etc., et les pertes de la mer à Argostoli (Céphonie ; V. Les Abîmes, p. 522). Bien qu'on soit sûr par là de ne jamais déboucher au dehors, il n'en serait pas moins curieux de désobstruer aussi de telles extrémités : on y pourrait recueillir des données sur les conditions de descente de ces eaux, qui sans doute ne remontent au jour qu'après un assez bas voyage plus ou moins réchauffant, ou qui vont alimenter les nappes profondes et les nappes artésiennes.

Actuellement, ce qui a déjà été fait depuis la rénovation des explorations souterraines et le perfectionnement industriel de leurs méthodes, permet d'expliquer au moins comment les eaux d'infiltration ont matériellement opéré pour agrandir les lithoclasses.

Érosion et corrosion. — La plus vive controverse s'était élevée à ce sujet entre les géologues ; les uns affirmant que l'*érosion*, ou action mécanique de l'eau en mouvement charriant des graviers, galets, etc., était prépondérante ; les autres, que la *corrosion* ou action chimique de l'eau chargée d'acide carbonique l'emportait. Il serait oiseux d'expliquer ici ce que l'on entend par ces deux termes si connus.

Mieux vaut établir, à l'aide d'exemples bien choisis, que, comme dans la plupart des théories relatives aux cavernes, aucune des deux n'est ici absolue : il faut, pour appliquer l'une de préférence à l'autre, distinguer entre les diverses sortes de terrains. Il faut surtout généraliser et proclamer, encore avec M. Daubrée, dont toutes les

vues théoriques ont reçu, des dernières recherches pratiques, les plus éclatantes confirmations, que, dans les cavités naturelles, « l'action des eaux d'infiltration a été et est encore *à la fois* mécanique et chimique » (Eaux souterraines, I, p. 299).

Vouloir déterminer, d'une manière générale, la part précise de chacune de ces deux actions, c'est poursuivre un problème aussi vain qu'insoluble.

Trois principes seulement peuvent être posés et reconnus dès maintenant comme définitifs :

1° La corrosion l'emporte dans la destruction des roches solubles comme le gypse et le sel gemme ;

2° L'érosion domine dans le creusement des grottes marines et de certaines cavernes volcaniques ;

3° Mais ces deux effets « s'exercent d'ordinaire ensemble, et ne doivent pas être étudiés séparément (*) » (De Lapparent).

J'ai donné plus haut suffisamment d'exemples du premier principe, en parlant des cavités qui se forment sous l'action de l'eau seule, abstraction faite de toute fissuration préexistante. D'ailleurs, « il n'est pour ainsi dire aucune substance qui soit complètement insoluble » (Delesse).

Érosion. Grottes marines. — Le deuxième principe trouve sa principale confirmation dans cette observation universelle, que *les grottes des rivages maritimes sont creusées dans des terrains bien plus variés et bien plus résistants que les cavernes de l'intérieur des terres*. Assurément l'eau de mer est, jusqu'à un certain point, corrosive ; mais n'est-ce pas plutôt par les chocs violents et réitérés de ses vagues de tempêtes qu'elle a pu creuser ces *puffing-holes*(**) perforés de bas en haut, ces ponts naturels,

(*) DE LAPPARENT, Leçons de géographie physique, p. 228 ; Paris, Masson, in-8°, 1896.

(**) V. E.-A. MARTEL, *la Nature*, n° 1196, 2 mai 1896.

ces portails énormes et ces cavités parfois profondes : à Crozon, dans les granites bretons, — à Jobourg, dans les schistes du Cotentin, — au Trayas (Var), dans les porphyres de l'Estérel, — aux îles Lipari, dans des coulées trachytiques (*), — aux falaises de Kilkee et du Donegal (Irlande), dans les schistes ardoisiers carbonifères, — à la Chaussée des Géants (Irlande), à la grotte de Fingal (îles Hébrides, Staffa), dans les denses et ferrugineux basaltes, — à Helgoland (mer du Nord), dans les grès bigarrés du trias, — à l'île de Thorgatten, enfin, dans les vieux gneiss norwégiens (**).

Toutes ces roches silicatées, quoique attaquées dans une certaine mesure par l'eau et l'air chargés d'acide carbonique, ne se désagrègent-elles pas surtout par les coups furieux d'une sape et d'une mitraille intermittentes, plutôt que par l'effet continu d'une lente dissolution? (V. De Lapparent, *Traité de Géologie*, 3^e édit., p. 227 et 319, etc.) Je n'ai pas vu encore la fameuse caverne de Surtshellir, en Irlande, qui a, dit-on, plus de 1.500 mètres de longueur dans la lave ; mais je suis bien convaincu qu'elle est due à l'élargissement de fissures de refroidissement, par l'érosion d'un cours d'eau, qui cherchait sa route sous la coulée, ou qui y retrouvait un ancien lit de rivière comblé par cette coulée (***). La corrosion paraît borner son effet sur le basalte à le revêtir d'une couche d'oxyde de fer qui devient plutôt protectrice ; j'ai bien étudié la Chaussée des Géants à ce point de vue : les galets et fragments de prismes qui en forment les plages, n'ont nullement l'aspect spongieux des fragments détachés des falaises calcaires ; bien souvent ils sont *roulés*, malgré leur dureté,

(*) V. la belle publication de l'Archiduc SALVATOR, *Die Liparischen Inseln*, 8 fascicules in-folio ; Prague, Mercy, 1893-1896.

(**) V. E.-A. MARTEL, *la Nature*, n° 1176, 14 décembre 1895.

(***) V. DE LAPPARENT, *Leçons de géographie physique*, p. 238.

jamais rongés : c'est assurément par choc mécanique et non par usure chimique que leurs prismes se dissocient.

Je crois devoir répéter ici, pour mettre fin à la controverse, ce que j'ai déjà dit (*). Du moment que l'on explique « surtout par l'érosion les crevasses gigantesques des *cañons*, les accidents étranges des *Erd-Pyramiden*, cheminées des fées, obélisques naturels, ponts de rochers, etc. (**), il est irrationnel de ne pas concéder aux ondes souterraines la puissance que l'on prête aux flots superficiels, alors surtout que, emprisonnée dans les étroitesse des cavernes, l'eau doit acquérir par *pression hydrostatique* une force considérable qui multiplie les énergies destructives ».

Corrosion : ses trois preuves. — Quant au troisième principe, n'importe quelle grande grotte à rivière souterraine des terrains calcaires montrera juxtaposés, aux yeux les moins clairvoyants, les doubles et distincts, quoique simultanés, effets de la corrosion et de l'érosion : au Tindoul de la Vayssière (Aveyron), à la Poujade (Aveyron), à Hansur-Lesse (Belgique), à la Piuka d'Adelsberg (Autriche), à Marble-Arch (Irlande), etc., en un mot partout où l'eau passe ou a passé dans les galeries calcaires souterraines, la corrosion se révèle par trois indices.

1° Cupules et rayures. — Premièrement : l'aspect tourmenté des parois, *cupulées*, creusées de petites cavités peu profondes, mais très rapprochées, ou *rayées* de rigoles plus ou moins sinueuses et accentuées ; cet aspect varie à l'infini selon le degré de résistance du calcaire ; dans certaines *igues* (gouffres) du Causse de Gramat, la roche semble perforée de véritables trous de vers discontinus,

(*) Les Abîmes, p. 538 ; — V. KRAUS, *Hohlenkunde*, p. 91.

(**) V. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 3^e édit., p. 158 et 183 ; — *Géographie physique*, p. 157 et suiv.

comme une pomme gâtée ; au Tindoul, à Adelsberg et dans les calcaires carbonifères d'Irlande, noirs et compacts, les assises en place et les blocs éboulés sont, dans le sens du courant, zébrés de petites rigoles longitudinales parallèles, comme celles que les cinq doigts de la main pourraient tracer dans une argile humide ; ce curieux effet est si trompeur, que j'ai souvent pris pour de la glaise molle la pierre ainsi corrodée ; il rappelle tout à fait les *Lapiaz*, *Rascles*, *Schrattenfelder*, *Karrenfelder*, des massifs calcaires alpestres (*). Si la roche est plus tendre, elle devient friable sur 1 ou 2 centimètres d'épaisseur, décomposée par l'acide de l'eau et se délitant alors sous la main ; c'est ce qu'on observe à l'igue de Biau (Lot) (Les Abîmes, p. 303) et à la sortie de la source de Fonderbie, près de Limogne (Lot), que j'ai visitée en 1895, et dont la galerie, praticable sur 230 mètres en temps de sécheresse, est principalement l'œuvre de la corrosion.

Je pourrais multiplier en grand nombre les preuves authentiques de corrosion ; peut-être les plus curieux effets de ce genre que j'aie jamais observés sont-ils ceux du Lough-Mask, dans l'Irlande occidentale (juillet 1895) ; ce lac (altitude, 19 mètres ; profondeur, 38 mètres), sans émissaire aérien, est séparé du Lough-Corrib (altitude, 9 mètres ; profondeur, 37 mètres) par un isthme de calcaire carbonifère de 3 à 5 kilomètres de largeur, et de moins de 100 mètres d'altitude ; la communication entre les deux lacs est souterraine, et se manifeste par la sortie des eaux aux nombreuses sources de Cong (à la tête du Lough-Corrib) ; j'ai dit plus haut que les gouffres et cavernes de l'isthme

(*) V. Les Abîmes, p. 110 et 519 ; — SIMONY, Das Dachstein-Gebiet ; Vienne, Holzner, 1891-1895, in-4° ; — DE LAPPARENT, Traité de Géologie, 3^e édit., p. 315 ; — Émile CHAIX, Topographie du désert de Platé (Haute-Savoie), *Le Globe* (Société géographique de Genève), t. XXXIII (5^e série, t. V, *Mémoires*, p. 67-108).

ne m'avaient pas permis d'accéder au tunnel naturel, dont on supposait ici l'existence (Daubrée, Eaux souterraines, t. I, p. 351).

Mais j'ai relevé sur la rive méridionale du Lough-Mask, près des antiques et modestes ruines de la petite abbaye de Rosshill, les preuves suivantes de l'action chimique de l'eau (*) : la grève est couverte de gros blocs de calcaire carbonifère noir, dont toutes les faces, creusées de cupules, profondes de 5 à 10 centimètres, semblent de véritables écumoires ; il faut que les pluies (ou les hautes eaux du lac) soient singulièrement chargées d'acide carbonique pour ronger à ce point une pierre aussi compacte. Et si l'eau du Lough-Mask, infiltrée sous l'isthme de Cong, y a *mangé* la roche de pareille façon, il est très possible que la corrosion ait suffi à frayer un passage au liquide entre les parallélipipèdes de la pierre ; qu'elle ait fait de l'isthme une véritable éponge à larges pores, sans que l'érosion ait eu besoin d'y façonner les *joints* et les *diaclasses* en ces larges et longues galeries, que nous sommes habitués à rencontrer partout sous les terrains calcaires. D'ailleurs, la faible altitude générale de la contrée au-dessus du niveau de la mer ne laisse qu'une très légère pente aux eaux souterraines (8 mètres pour 4 kilomètres environ, soit 2 pour 1.000), ce qui diminue naturellement la puissance de leur action mécanique. Quant aux effondrements superficiels qu'on remarque sur l'isthme, ils peuvent être parfaitement produits par les seuls effets de la corrosion, au-dessus des points où l'eau souterraine acidulée a le plus énergiquement dissocié la roche intérieure.

(*) D'autres analogues, sur les bords du Lough-Corrib, avaient déjà vivement frappé Kinahan (Valleys, p. 143), qui, d'après le professeur Melville de Galway, attribue à la décomposition acide des mousses et lichens une grande part dans ces effets.

Ajoutons qu'en 1846-1847, durant la famine des pommes de terre, on entreprit là un grand travail : tant pour fournir de l'ouvrage aux populations affamées, que pour créer une communication aérienne entre les deux lacs, on creusa, de l'un à l'autre, et à même le roc, un canal sinueux de près de 7 kilomètres. D'un seul élément on avait omis de tenir compte : la fissuration et, par suite, la perméabilité du calcaire ; jamais le canal ne put tenir l'eau, qui en traversait le fond comme un simple tamis. Il subsiste toujours à l'état d'immense fossé sec, qu'on a nommé « la grande bévue ».

Quatre fois, paraît-il, en 1178, 1190, 1647 et 1683, la rivière qui sort du Lough-Corrib, vers Galway, a tari subitement. M. Kinahan suppose qu'il avait dû alors se rouvrir provisoirement quelqu'un de ces déversoirs souterrains, qui existaient jadis encore plus nombreux que maintenant dans les lacs d'Irlande, et que des causes diverses, telles qu'un affaissement du sol ou une obstruction par le sable, ont supprimés depuis dans les bas-fonds lacustres (Kinahan, *Valleys*, p. 159 et 161).

2° Amas d'argile rouge. — Deuxièmement : les amas d'argile rouge qui, dans l'intérieur des cavernes, sont aussi souvent, il faut le reconnaître, le produit local de la décomposition chimique du calcaire que des alluvions apportées de l'extérieur. Fréquemment ces amas ont bouché des galeries rétrécies qu'il serait facile de désobstruer (*Les Abîmes*, p. 539).

3° Dépôts extérieurs de tufs. — Troisièmement : au débouché des rivières souterraines, les tufs ou travertins, souvent considérables, déposés principalement quand l'eau sort en cascades, dont la chute facilite l'évaporation : l'excédent du carbonate de chaux enlevé par l'eau aux roches internes se précipite alors de nouveau, formant la contre-partie du résidu argileux laissé à l'intérieur (*Salles-la-Source* et source de la Sorgues, Aveyron ; — grotte de Baume-les-

Messieurs, à la source du Dard, Jura (*); — la Boudène, Gard (**); — etc.).

Érosion : ses preuves. — Passant maintenant aux effets de l'*érosion*, nous verrons qu'elle est bien le principal auteur des *décollements* (***) de strates qui forment tant d'éboulements; presque toutes les rivières souterraines ont leur cours plus ou moins barré par des portions d'assises rocheuses tombées en travers de leurs lits; il suffit pour cela que l'eau chasse, dans les *joints* des strates, les graviers et même les galets, que sa pression d'amont en aval enfonce de plus en plus, comme un coin dans une pièce de bois; à la longue, le coin fait éclater le *joint*, et il suffit que la disposition des *lithoclastes*, perpendiculaires ou obliques aux joints, s'y prête, pour qu'une forte portion de strate généralement parallépipédique se détache de la voûte ou de la paroi; dans sa chute, souvent la strate se brise en gros ou menus fragments; ceux-ci, roulés par l'eau, vont faire coin à leur tour entre les strates d'aval; ceux-là, plus ou moins immergés, achèvent de se désagréger sous le choc ou la morsure du courant (V. Les Abîmes, p. 540). Ce *processus* est particulièrement bien indiqué dans la rivière souterraine du Tindoul et de Salles-la-Source et dans la belle source d'Arch-Cave, près Enniskillen (Irlande), que j'ai explorée, en 1895, avec M. Jameson.

Dans la craie blanche, où je citerai l'ancre immense de Miremont ou Cro de Granville(****) (Dordogne; 4.900 mètres de développement), et les curieuses petites grottes natu-

(*) V. E. RENAULT, *Tour du Monde*, mai 1894.

(**) V. F. MAZAURIC, *Spelunca*, n° 3, 1895, p. 87.

(***) Ce sont ces décollements de strates qui, à Adelsberg, ont fait imaginer par Schmidl des chutes de *cloisons* mettant en communication des chambres préexistantes (Adelsberg, p. 133 et 198).

(****) V. *Annales des Mines*, t. VII, 1822, par AILLOU; — et chap. xx des Abîmes.

relles de Caumont (Eure), le milieu est si tendre et délayable qu'il est impossible de distinguer l'une de l'autre la corrosion et l'érosion.

Coupoles des voûtes. — Cependant, c'est assurément cette dernière qui a creusé dans les voûtes un certain nombre de cavités en forme de coupoles, vraies marmites de géants renversées; on en rencontre dans toutes les cavernes, même dans les calcaires si durs de Peak-Cavern (Derbyshire) et d'Ingleborough (Yorkshire); elles sont dues au tournoiement de l'eau sous pression. Enfin, les angles émoussés, les surfaces polies comme du marbre, les galets roulés, les larges gouttières d'écoulement, etc., abondent suffisamment pour trahir à chaque pas l'énorme importance de l'érosion.

Et il faut bien conclure que, pour les rivières souterraines, et dans les formations calcaires, l'action chimique et l'action mécanique ne doivent et ne peuvent pas être considérées comme agissant séparément.

CIRCULATION DES EAUX D'INFILTRATION DANS LES CAVERNES. — Ayant ainsi établi comment l'eau d'infiltration agit sur les roches et élargit les joints et les lithoclastes en cavernes, examinons sa circulation souterraine, qui comprend : 1° le mode d'introduction dans le sol; — 2° celui de l'écoulement ou de la propagation à l'intérieur; — 3° celui de la sortie sous forme de sources.

1° Pénétration des eaux dans le sol. — Les eaux météoriques pénètrent dans les fissures des terrains crevassés de diverses manières : ou bien goutte à goutte et inégalement vite, dans les toutes petites fentes (leptoclastes) plus ou moins bien obturées par la terre végétale ; c'est ce qu'on nomme particulièrement le *suintement* ; — ou bien sous forme de ruisseaux nés sur des terrains imperméables et qui, amenés par leur pente au

contact des formations crevassées, s'y perdent subitement dans des fentes assez larges pour les engloutir en entier; le terme d'*absorption* est généralement consacré à ce deuxième mode de pénétration. Les fentes d'absorption elles-mêmes sont de trois sortes: *entonnoirs* sans profondeur remplis de terre, de bois mort et d'autres matériaux de transport, entre lesquels l'eau seule peut trouver un passage; ce sont les *bétoires* de Normandie; les *pertes* du Ventoux, de la Charente, d'Issendolus (Lot), les *Sauglöcher* (suçoirs) des Autrichiens, les *swallow-holes* (avaloirs) des Anglais, les *Aiguigeois* de Belgique, les *ponors* de Dalmatie, etc., etc.; ils sont bouchés pour l'homme; — *cavernes* à pente douce ou rapide (Han-sur-Lesse, Adelsberg, Bramabiau, Réveillon, etc.), où le courant peut être suivi plus ou moins loin; et pour lesquelles j'ai proposé le nom de *goules*, usité dans l'Ardèche; les grands *Katavothres* de Grèce ont généralement cet aspect; — *puits verticaux*, enfin, où le ruisseau se précipite en cascade dans l'*abîme*.

La plus grande confusion règne dans la nomenclature de ces trois sortes de puits d'absorption: MM. Kraus (*), Cvijić et moi-même nous n'avons pas pu encore identifier dans une bonne classification les innombrables noms locaux qui, en France et en Autriche surtout, s'emploient trop souvent les uns pour les autres. — Celui de *puits naturels* reste le plus exact; et celui d'*abîme* (*aven* dans une partie de la France) convient bien aux noirs gouffres profonds, dont j'ai exploré plus de cent depuis 1888. Cette dernière catégorie de cavités naturelles, ainsi percées à pic dans la terre, est peut-être celle qui a donné lieu aux plus vives polémiques.

J'indique tout de suite que, dès mes premières descentes, j'ai considéré en principe les abîmes comme formés de

(*) *Hohlenkunde*, p. 138.

haut en bas, par l'action chimique et mécanique à la fois d'eaux engouffrées dans de grandes diaclases verticales.

Origine des abîmes. — **Creusement de haut en bas par les eaux.** — Ma dernière campagne en Grande-Bretagne (1895) n'a fait que me confirmer dans cette idée. Les abîmes d'Irlande et d'Angleterre, en effet, à la différence de ceux des Causses et du Karst, fonctionnent encore en tant que puits d'absorption superficielle ; la pénible descente, surtout, que j'ai effectuée, le 1^{er} août 1895, dans celui de Gaping-Ghyll (*), profond de 100 mètres, au milieu même de la cascade qui y tombe, a été l'irréfutable démonstration matérielle qu'il n'y a point là de cheminée geysérienne, et que l'érosion (choc de la colonne d'eau et des pierres qu'elle entraîne) est un puissant facteur d'élargissement nullement exclusif, d'ailleurs, de la corrosion ; cette décisive investigation me dispense de résumer les preuves accumulées lors de mes recherches (**), et attestant que la grande majorité des puits naturels a bien été *creusée* de haut en bas comme de colossales marmites de géants, plus larges en bas qu'en haut, à cause de l'échappement des eaux par la partie inférieure. Je suis absolument affirmatif sur ce point. Ceux qui n'absorbent plus d'eau actuellement peuvent être considérés comme *morts* ; la plupart ont conservé, d'ailleurs, sur un côté de leur orifice, un thalweg ou un ravinement tracé par les courants d'antan (***). A l'intérieur, certains

(*) V. le récit et les résultats détaillés de cette expédition dans *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 janvier 1895 ; — *la Nature*, n° 1182, 25 janvier 1896 ; — et *Annuaire du Club alpin-français* pour 1895.

(**) V. Les Abîmes, chap. xxix, p. 516, 336, 171, etc.

(***) En dehors de la Grande-Bretagne, je citerai comme puits verticaux absorbant encore des ruisseaux : l'embut de Saint-Lambert (plateau de Caussols, Alpes-Maritimes), le Trou-du-Toro (Maladetta, Pyrénées), la perte de la Ljuta (près Raguse, Dalmatie), certains katavothres de la plaine de Tripolis (Péloponèse), etc., etc.

sont rayés d'une spirale ou hélice que l'eau seule a pu produire (V. Les Abimes, p. 48, 110, 208, 225, 317, 336, etc.).

Orgues géologiques. — Reproduisant pour les puits naturels la controverse soulevée pour les cavernes au sujet de la prépondérance de la corrosion sur l'érosion, beaucoup d'éminents géologues n'ont voulu voir dans ces tuyaux que des *orgues géologiques*, comme celles de la montagne crétacée de Saint-Pierre, à Maëstricht (Hollande), rendues classiques par Faujas de Saint-Fond et Bory de Saint-Vincent; ils en ont fait avant tout des entonnoirs de décalcification (Les Abimes, p. 518); cette exclusion de la force érosive peut être exacte par exemple dans les falaises crétacées du pays de Caux (Étretat, Fécamp), etc., des berges du Clain, près Poitiers (V. Daubrée, Eaux souterraines, I, p. 294), qui nous montrent des sections de poches hautes de plusieurs mètres et même de plusieurs décamètres, remplies d'argile rouge. Que l'action chimique seule d'eaux doucement infiltrées ait produit là une totale et lente décomposition, sans le concours d'aucun effet mécanique, cela est tout à fait vraisemblable; mais le phénomène est particulier, comme celui du creusement de cavernes par la dissolution du gypse ou du sel; il convient de ne pas le généraliser et de le considérer plutôt comme une exception, due à la nature de la roche crayeuse et confirmant la règle que j'ai énoncée plus haut; car ces poches justement n'aboutissent pas, comme les abimes, à des cavernes, parce que les mouvements érosifs n'ont pas contribué à prolonger leur creusement.

Effondrements. — Une autre forme d'abimes que l'on a souvent considérée comme la règle, et où je persiste à ne voir que des exceptions, est celle des effondrements au-dessus du cours de rivières souterraines; l'abbé Paramelle, Fournet, en France, Tietze, Schmidl, Lorenz,

Urbas, Fruwirth et M. Kraus (*), en Autriche, sont les principaux défenseurs de cette autre théorie, qui construit les abîmes de bas en haut, par affaissement de voûtes dont les eaux intérieures ont ruiné les pieds-droits.

L'ouverture subite, à diverses reprises constatée, de trous au fond desquels on voyait couler l'eau, — les fameux cénotés du Yucatan, la source de Brissac (Les Abîmes, p. 147) et les *light-holes* de la Jamaïque, — les dépressions de la surface du sol dans des régions où l'existence des rivières souterraines est certaine, — les éboulements partiels de voûtes ou parois des cavernes, — la dégradation continue ou inachevée des parois stratifiées d'abîmes, comme le Tindoul (Les Abîmes, p. 246) et la Magdalena-Schacht d'Adelsberg (*ibid.*, p. 445), rendaient jusqu'à un certain point plausible une semblable hypothèse.

C'est par empirisme que mes nombreuses descentes de gouffres en ont prouvé, sinon la fausseté, du moins la non-généralité : un dixième à peine des abîmes explorés s'est montré à nous comme résultant indubitablement de la rupture caractérisée d'une voûte de caverne. Tous les autres sont, comme les grandes *cheminées*, citées plus haut (p. 21), tellement étroits par rapport à leur profondeur, ou tellement coudés et irréguliers, qu'il est matériellement impossible d'y voir des abîmes d'effondrements.

Aussi, tout en tenant pour tels au premier chef les beaux gouffres du Tindoul, de Padirac, de la grotte Peureux (Lot) (Les Abîmes, p. 310), de Marble-Arch (Irlande), de Saint-Canzian (Autriche), etc., m'abstiendrai-je de reproduire ici toutes les raisons qui me les font considérer comme de simples accidents. Ces accidents sont subordonnés au degré de puissance de la rivière souterraine, et d'épaisseur du terrain qui la surmonte (**). Et je m'étonne

(*) M. Kraus a cependant fini par reconnaître qu'il ne faut pas la « généraliser » (Hohlenkunde, p. 63 et 111, etc., etc.).

(**) Les Abîmes, p. 448, 515.

bien que M. de Lapparent, après avoir reconnu, à la suite de mes recherches, que les avens « sont des puits irréguliers, que les eaux sauvages ont creusés en profitant des fissures naturelles du terrain... et qui ne jalonnent pas nécessairement le cours des rivières souterraines » (*), ait semblé revenir en arrière en disant « que la plupart des dépressions de la surface résultent de l'*effondrement* des cavités sous-jacentes (**) ».

La généralisation de la théorie des effondrements a conduit à deux autres hypothèses contre lesquelles je maintiens de plus en plus toutes mes réserves.

Théorie du jalonnement. — La première est celle du *jalonnement*, prétendant que, « sous chaque rangée de bétouilles (ou gouffres), il existe un cours d'eau permanent ou temporaire, qui les a nécessairement produites » (abbé Paramelle). Ceci a été absolument réfuté par nos descentes : non seulement, comme je viens de le dire, la plupart des abîmes visités sont l'œuvre des eaux extérieures, et non des intérieures, mais encore près des trois quarts n'ont conduit à aucune rivière. Et la majorité de ceux qui nous ont menés à des courants souterrains étaient creusés dans des diaclases greffées sur des galeries profondes, à angle plus ou moins aigu (Rabanel, Mas-Raynal, les Combettes, etc.). Peut-être le défaut de communication *actuelle* provient-il, comme en beaucoup d'endroits du Karst, de ce qu'il y a eu obstruction par les pierres et débris tombés de la surface ; peut-être que les déblaiements auxquels on se livrera un jour ou l'autre, espérons-le, révéleront quantité d'autres cours d'eau mystérieux ; il n'en est pas moins vrai que beaucoup d'abîmes (sur le Causse Noir, par exemple, dans l'Aveyron) se terminent (on l'a vu plus haut) par de vraies fissures capillaires,

(*) Traité de Géologie, 3^e édit., p. 204, 1893.

(**) Leçons de géographie physique, p. 230, 1896.

absorbant les eaux infiniment divisées, et sans les transformer en réels ruisseaux ; — qu'ils peuvent être, à raison de leur origine extérieure, indépendants des rivières souterraines ; — et que le principe posé par l'abbé Paramelle exposerait, au point de vue de la recherche de ces rivières, à de singuliers mécomptes.

Cloups et dolines. — Une seconde hypothèse me semble non moins hasardée : c'est celle qui trouve des indications d'effondrements souterrains dans une sorte particulière d'excavations dont je n'ai pas encore parlé. Il s'agit des fameuses *dolines* du Karst, autre objet d'interminables controverses ; faute de définition précise, on n'a jamais pu s'entendre sur la valeur précise de ce terme, et on l'a appliqué même aux vrais abîmes. Pour moi, les réelles *dolines* d'Istrie et de Carniole, du moins ce qu'on m'a le plus souvent désigné sous ce nom dans mon exploration du Karst, en 1893, rappellent les *cloups* du Quercy ; les paysans du Lot ont su mieux que personne distinguer des abîmes, qu'ils nomment *igues*, les dépressions rondes ou ovales, dont le vrai caractère est d'être *plus larges que profondes*. C'est à de telles concavités de la surface, larges souvent de plusieurs centaines de mètres (Cloup de Bèdes, dans le Lot, 850 mètres de tour, 250 à 300 de diamètre, 75 de profondeur ; Grande-Fosse et Fosse-Limousine de la Braconne, en Charente ; Risnik-Doline, près Trieste, 260 et 205 mètres de diamètre, 95 de profondeur, etc. ; V. Les Abîmes, p. 306, 381, 471), que je voudrais voir limiter l'obscur terme de *dolines* ; ceci posé, voyons ce qu'on a voulu faire des *dolines*.

M. Kraus, avec plusieurs géologues autrichiens (Tietze, Schmidl, Lorenz, Stache, Pilar, etc.), y voit des effondrements de voûtes de cavernes, dont les débris ont obstrué l'intérieur et interdit l'accès ; bien plus, il admet, avec M. Urbas, que les séries de dolines ou de dépressions alignées à la surface du sol permettent de tracer au dehors

le cours des ruisseaux souterrains (*), et il suppose qu'en en déblayant le fond on arriverait à ces courants. C'est la théorie du jalonnement poussée à l'excès.

Car rien n'a établi que les *dolines*, telles du moins que les restreint la définition ci-dessus, soient des effondrements ; les raisons suivantes prouvent même le contraire.

Les gouffres d'effondrements de Padirac, du Tindoul, de la grotte Peureuse (Lot), de Marble-Arch, etc., loin d'être au fond de dépressions de terrain, s'ouvrent sur des saillies ou des pentes déclives ; — plusieurs *cloups* du Lot se terminent par des *igues* de *creusement superficiel* qui ne présentent aucun caractère d'effondrement (Biau ou Baou, Planagrèze, les Brasconies, etc.), quoique profonds de plus de 50 mètres ; il en est de même de la Kačna-Jama et de plusieurs autres abîmes en Istrie ; — aux environs d'Adelsberg, il y a certainement plusieurs dolines (Stara-Apnenca, Koselivka, Cerna-Jama, etc.) qui correspondent à des effondrements de la grande caverne(**), mais celles-là ont un fond beaucoup plus bouleversé que les autres : — la plupart, au contraire, possèdent un sol si uni qu'on peut (comme dans les *cloups*) y cultiver des champs nommés *Ogradas* ; il me paraîtrait difficile d'expliquer par une érosion ultérieure, comme a voulu le faire M. Kraus, leur nivellement sur une surface qui atteint parfois plusieurs hectares, si leur origine devait être recherchée dans le cataclysme d'un aussi vaste affaissement ; — les dolines du Karst sont tellement rapprochées les unes des autres entre Adelsberg et Planina, juste au-dessus du cours de la Piuka souterraine, qu'on ne peut

(*) V. pour la bibliographie et la discussion relative aux dolines, les pages 433 et 516 des *Abîmes*. — Conformément à mes idées, M. de Lapparent a récemment distingué les *larges* dolines ou *cloups* des étroits et profonds *gouffres* ou *abîmes* (Leçons de géographie physique, p. 230).

(**) Höhlenkunde, p. 62 ; — Les *Abîmes*, p. 442, 448, 449.

guère faire plus de 1 kilomètre en tous sens sans en trouver une ; or, Schmidl et M. Putick ont remonté le bras de Zirknitz de la grotte de Planina pendant 5 kilomètres, sans rencontrer d'effondrements ; il faut donc supposer que la rivière souterraine circule dans l'intervalle des affaissements imaginés, en les évitant soigneusement ; c'est précisément le contraire de ce qu'on prétend ; — la désobstruction d'une doline (Zvratek) de Moravie, effectuée par M. le professeur Trampler, l'a conduit non pas à une galerie, ni à une caverne éboulée, mais à une étroite fissure verticale, sans trace d'effondrement, et aboutissant à un bassin d'eau de niveau variable (*Eröffnung zweier Dolinen* ; *Mittheil. geogr. Gesellsch. de Vienne*, n° 5 de 1893) ; — enfin, décisif argument, tout nouveau : il résulte du plan que je viens de refaire à Padirac (28 mars au 1^{er} avril 1896) que le grand dôme de 90 mètres d'élévation est précisément sous un cloup, — que la voûte n'a que 10 à 20 mètres d'épaisseur, — et que le cloup *préexiste à un effondrement qui ne s'est pas encore produit* ; s'il survient jamais, ce qui n'est pas probable (*). le cloup (la doline) disparaîtra, au contraire, pour faire place à un vrai gouffre d'effondrement, certainement plus profond (au moins 100 mètres) que large, comme celui qui existe déjà plus au sud et qui sert d'entrée.

Donc la vérité sur les *dolines* ou *cloups* doit être ceci :

1° La distinction n'est pas suffisamment faite, en Autriche, entre les dépressions du sol qui dénoncent un véritable bouleversement de la croûte terrestre et celles qui n'en présentent pas de traces extérieures ;

2° La classification basée sur le diamètre, telle que l'a tentée Cvijić (*Schüssel* ou écuelles, dix fois plus larges que profondes ; *Trichter*, ou entonnoirs, deux ou trois fois plus larges que profonds ; *Brünnen*, ou puits, plus profonds

(*) V. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 octobre 1895.

que larges) est trop arbitraire quant aux noms et aux chiffres; mais le principe en est fort satisfaisant et rationnel;

3° Les dépressions de taille moyenne à fond chaotique doivent être, au moins dans la région d'Adelsberg, non pas des ruptures absolument verticales de plafonds, mais, à cause de l'inclinaison des strates jusqu'à 45°, des phénomènes de *décollements* (*) tant souterrains que d'infiltration; le drainage a dû souvent en faire des affluents des rivières souterraines voisines et provoquer leur communication avec elles. — Les autres, aux pentes et au sol moins bouleversés, ont pu être des lacs ou étangs, que des fissures aujourd'hui bouchées ont sans doute drainées aussi vers les courants souterrains avoisinants, mais *pas forcément sous-jacents*. « Par le fait de ces engouffrements, dit très justement M. de Lapparent, le travail extérieur des eaux courantes est presque partout entravé, de sorte qu'on peut dire que la caractéristique d'un tel pays est que le modèle en est inachevé, la plupart des vallées secondaires n'étant qu'ébauchées » (Géographie physique, p. 87). Quant à l'origine première de telles dépressions, il faut la dire jusqu'à présent inexplicée, et la rechercher probablement moins dans des phénomènes de dénudation superficielle, que dans des faits d'ordre tectonique se rattachant aux plissements de l'écorce terrestre, à la genèse des lacs eux-mêmes, des bassins fermés ou vallées-chaudrons (*Kessel-Thäler*) (**) du Karst, d'Irlande,

(*) V. Les Abîmes, p. 445, 449, 521.

(**) V. PARANDIER, *Bulletin de la Société géologique*, 3^e série, t. XI, p. 441, 7 mai 1883; — MARTEL, Les Abîmes, p. 541-42; bibliographie; — V. DE LA NÔE ET DE MARGERIE, Les Formes du terrain, p. 157. « Un synclinal n'est pas nécessairement continu dans son allure... Son axe peut offrir des bombements qui le diviseront en un chapelet de bassins indépendants. Alors il s'y établit des *lacs tectoniques*, déterminés par une dépression préexistante » (lacs du canal Calédonien, en Ecosse) (DE LAPPARENT, Géographie physique, p. 120).

du Jura, des Causses, des fjords de Norvège, etc. C'est un difficile problème que je n'ai pas abordé.

Dans sa *Höhlenkunde* (p. 114), M. Kraus semble avoir voulu amender sa théorie des effondrements : il explique comment la rupture de voûte de la toute petite grotte de Lantscharieuz est due à la dénudation superficielle, ainsi que diverses autres du même genre (dans le massif du Dachstein), et il ajoute que « les phénomènes du Karst ne peuvent s'expliquer que par les effets combinés de l'érosion superficielle et de l'érosion souterraine ». Voilà qui m'eût mis d'accord avec lui, si, dans une note toute récente (*) sur le même sujet, il ne disait : « La limite où cesse la grotte et où commence la doline est particulièrement difficile à tracer ; car des effondrements de grottes résulte cette sorte de dépressions que l'on désigne comme vraies dolines (**), à la différence des *entonnoirs du Karst* (Karst-Trichter), qui se forment en si grand nombre dans le Karst aux orifices de cavernes conduisant dans les profondeurs. » Quand nous aurons ajouté que ces cavernes profondes (Les Abîmes français) portent encore une troisième désignation : *jamas*, en slovène, et *Schacht* (*Schächte*, puits de mine), en allemand, on avouera que toutes ces nomenclatures et distinctions sont véritablement bien subtiles et obscures.

M. Kraus propose, d'ailleurs, un assez bon moyen de reconnaître les dépressions qui peuvent être formées par des affaissements de cavernes : c'est de rechercher si leurs parois présentent des traces de revêtements stalagmitiques, qui se dégradent moins vite à l'air que la roche calcaire ordinaire. Au pont d'Arc et le long du cañon de l'Ardèche, j'ai observé ainsi des restes de stalactites, et j'en ai conclu

(*) *Zerstorte Höhlen* (grottes détruites), *Österreichische Touristen Zeitung*, de Vienne, 15 avril 1896.

(**) V. aussi *Höhlenkunde*, p. 119.

(Les Abimes, p. 104) que certaines parties de cette vallée ont pu être jadis des cavernes; le critérium me paraît assez positif.

La question des *vallées inachevées* pourrait être très fructueusement étudiée dans l'Irlande occidentale.

En juillet 1895, j'ai soigneusement examiné à ce point de vue le cours de la curieuse rivière de Gort (comté de Galway), citée par MM. Daubrée (Eaux souterraines, p. 353) et Kinahan (Valleys, p. 148), et figuré les détails de ces accidents (Voir *fig.* 1, Pl. II).

Le Lough (lac) Cooter est à l'altitude de 35 mètres. La première perte de la rivière *Beagh*, qui en sort, s'effectue à 30 mètres (*), parmi des crevasses impénétrables, encombrées de terre, de pierres et de branchages, au pied d'un petit cirque profond de 17 mètres, dont les pentes ébouleuses ne sont retenues que par une très vive végétation; c'est, en beaucoup plus pittoresque et avec un bien plus gros volume d'eau, la répétition de la Perte de l'Hôpital d'Issendolus (Lot) (V. Les Abimes, p. 294); sur une ligne de 1.350 mètres, sinueusement développée à la surface du sol, il y a cinq effondrements, qui sont bien des regards ouverts sur et par le courant souterrain et que l'on nomme en Irlande des *sluggas*; le premier n'a qu'une dizaine de mètres de profondeur sur une quarantaine de diamètre et n'arrive pas jusqu'à la surface de l'eau; tous les autres laissent voir un instant dans leur fond le courant sombre; le deuxième, nommé le *Devil's-Punch-Bowl* (Bol à Punch du Diable), est le plus régulier et profond de 15 mètres; — le troisième, *Black-Water* (Eau Noire), le plus allongé, constitue un grand fossé, courbé du Sud au Nord-Ouest, long de près de 200 mètres, profond de 15 à 20 et large de 20 à 40; il est rempli

(*) Ces altitudes, exactes, sont déduites tant de la carte au 10.560^e que de mes observations barométriques repérées d'après cette carte.

d'arbres et entouré d'un mur pour empêcher les accidents ; on y peut descendre jusqu'au bord de la rivière, qui y coule à l'air libre, réapparue, puis réengloutie aux deux extrémités opposées sous des strates rocheuses siphonnantes ; impossible de la suivre sous la terre ; — les deux derniers trous, nommés *Ladle* (la Cuiller) et *Churn* (la Baratte), sont moins importants. — Tous ont, en résumé, la plus parfaite analogie avec les Cénotés du Yucatan, ouverts par affaissement de voûtes au-dessus des eaux souterraines (V. Les Abîmes, p. 147 ; Reclus, XVII, p. 242).

La caverne de *Pollduagh*, où renait, pour couler serpentiforme et à l'air libre pendant 6 kilomètres, la rivière de Gort, ou rivière *Cannahowna*, n'est pénétrable que sur une dizaine de mètres ; le courant s'en échappe également par un siphon, à 26 mètres d'altitude, sous un auvent de roche haut de 6 mètres (V. la coupe *fig. 1*, Pl. II). Elle s'est donc abaissée de 4 mètres sur un parcours caché de 1.350 mètres, soit 3 pour 1.000, ce qui est fort peu, car les pentes des rivières souterraines que j'ai étudiées ailleurs varient de 6 à 150 pour 1.000 (V. Les Abîmes, p. 70).

C'est dans plusieurs *Sauglöcher* (suçoirs) ou *bétoires*, au milieu de prairies, que s'opère presque insensiblement la nouvelle disparition de la rivière, au pied de la jolie ruine du château de Castletown et du talus du chemin de fer, entre les stations de Gort et d'Ardrahan, à 12 mètres d'altitude. A 1.100 mètres au Nord-Ouest, dans le beau parc privé de Coole, derrière le village de Kiltartan, une source de fond, *Polldaelin*, analogue au Loiret, ramène une fois de plus le courant au jour, à 10 mètres d'altitude. A moins de 500 mètres plus loin, elle disparaît, pas pour longtemps, et seulement sous une assise de strates calcaires fissurées, affaissées, mais pas encore emportées par le courant ; superficiellement, ce « pont naturel », ainsi

qu'on le nomme trop pompeusement, est un irrégulier dallage carré de 10 mètres environ de côté; il est si bien immergé dans l'eau qu'il ne forme nullement une voûte; c'est plutôt un barrage qu'un pont, mais un barrage tellement disloqué que la rivière passe à travers et non par dessus, en attendant qu'elle l'ait complètement ruiné et emporté. On retrouve le même phénomène dans le Yorkshire, à God's-Bridge (près Ingleton) au pied occidental d'Ingleborough Hill.

A moins de 200 mètres plus loin, se trouve une cinquième perte (*), pareille à la première de toutes; l'altitude n'est plus que de 9 mètres, et le courant se précipite violemment dans un trou terreux, comme la perte du Bandiat *chez-Roby* (Charente). Des bois flottés et des flocons d'écume tournoient lentement et sans arrêt dans un large bassin naturel qui précède l'entonnoir.

La dernière réapparition se fait voir à 350 mètres de là, toujours dans le parc de Coole.

Enfin, la rivière court libre, mais pour 2 kilomètres seulement, car le lac *Coole* (Coole-Lough; altitude, 8 mètres) l'arrête au passage et, comme il n'a point d'émissaire aérien, elle est contrainte encore « de chercher sa route par les passages souterrains du lac Caherglassaun (**) vers la mer à Kinvarra, où une partie tout au moins de ses eaux trouve une issue par les joints des rochers dans le voisinage de Dungory-Castle » (Kinahan, *op. cit.*, p. 149).

Dungory-Castle est à 8 kilomètres au nord-ouest de Coole-Lough, ce qui ne donne plus que 1 pour 1.000 de

(*) Sans considérer comme tels les *regards* de Punch-Bowl, Ladle et Churn.

(**) D'après le County Map au 10.560^e le niveau de Coole-Lough a été de 29 pieds en janvier 1838 et de 16 pieds en mai 1838, celui de Caherglassaun-Lough, de 13 pieds en juin 1838 et de 26 pieds en février 1839 (le pied est de 0^m,30479).

pente à l'écoulement souterrain entre ces deux points.

La pente et l'altitude de la rivière de Gort, et, par conséquent, la force de son courant sont tellement faibles qu'elle n'a pas eu l'énergie mécanique nécessaire pour détruire complètement les digues successives (qu'elle a simplement percées) ni pour transformer en vallée parfaite les portions souterraines de son cours. Il n'est donc pas probable qu'elle ait pu déblayer en très large vallon, sur 6 kilomètres d'étendue, une ancienne caverne, pour en faire le *Kesselthal* de Gort : et tout indique que cette vallée fermée est bien réellement une vallée inachevée, de même que le bassin clos et presque circulaire du parc de Kiltartan.

Ainsi la rivière de Gort montre donc juxtaposés les deux phénomènes : 1° d'effondrements de cavernes tendant au creusement d'un thalweg ; 2° de vallée fermée d'origine tectonique que le ruissellement et l'érosion superficiels n'ont pas pu achever, à cause de la fissuration des formations environnantes.

Toute cette portion de l'Irlande (les *Burrens*) présente plusieurs dispositions analogues entre Galway et l'estuaire du Shannon.

Vallées formées par des effondrements de cavernes. — Quelque restriction qu'il faille donc apporter à la généralisation à outrance de la théorie des effondrements intérieurs, il faut cependant encore reconnaître que diverses localités montrent l'énorme influence qu'ils ont exercée parfois sur la surface du sol : ainsi que je l'ai admis moi-même, à la suite de ma première exploration souterraine, celle de Bramabiau, en 1888, il y a des cas où la propagation des effondrements successifs au-dessus du cours d'une rivière souterraine a pu arriver jusqu'au creusement d'une véritable vallée ; et je persiste à penser que, pour les étroits cañons sinueusement creusés dans la masse des régions calcaires, « la première phase de la formation n'a

pas consisté dans le simple sciage vertical par des rivières creusant leur lit de plus en plus, mais bien dans le développement, puis l'écroulement des cavernes (*)..., écroulements qui ont tracé le sillon original, l'amorce des cañons actuels ».

Il n'y a pas contradiction entre cette doctrine, qu'il ne faut pas d'ailleurs développer non plus avec exagération, et l'opposition que je viens de faire à la théorie de M. Kraus sur les dolines : j'ai admis, en effet, que beaucoup de ces dernières sont dues à des affaissements de plafonds caverneux ; je demande seulement que l'on ne regarde pas chaque cloup ou doline comme marquant infailliblement la place d'un tel affaissement ; je demande surtout que les *bassins fermés* (du Jura), les *Kessel-Thäler* (d'Autriche), les *Polje* (de Dalmatie, Bosnie, etc.), ne soient pas considérés aussi comme de purs et simples effondrements (**): leur largeur, atteignant souvent plusieurs kilomètres, rend une telle origine invraisemblable (***). Les amples dépressions du lac de Zirknitz, d'Adelsberg, de Planina, de la Foiba de Pisino, sont bien des vallées inachevées, et non d'anciennes cavernes affaissées ; le développement du *thalweg* s'y est arrêté au point où la fissuration du sol assurait un écoulement souterrain suffisant.

Bien plus étroits et plus allongés sont les vallons et ravines réellement dus à des ruptures de voûtes ; les suivants, dont la transformation de rivières souterraines en *thalwegs* ouverts n'est pas encore complète, ont indéniablement ce caractère :

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 3 décembre 1888.

(**) « Les Kesselthäler peuvent être aussi comptés parmi les dolines. La différence consiste simplement en ce que les dolines sont formées par effondrement d'un seul coup, tandis que les Kesselthäler résultent d'effondrements successifs et d'agrandissements superficiels ultérieurs » (KRAUS, *Hohlenkunde*, p. 119, 140 et suiv.).

(***) V. Les Abîmes, p. 541.

Bramabiau, dans le Gard, avec son tunnel d'entrée, son avend'effondrement, ses éboulis intérieurs, ses 6.300 mètres de galeries obscures et sa profonde alcôve de sortie, le tout sous une bande de terrain large de 500 mètres et avec une dénivellation de 90 mètres (*).

Saint-Canzian im Wald et *Saint-Canzian am Karst*, tous deux près d'Adelsberg : le premier avec cinq ou six vraies dolines d'effondrement, profondes de 60 mètres et larges seulement de 5 à 50 mètres ; — le second, avec deux des plus grandes dolines connues, larges de 400 mètres, profondes de 110 à 160 (les fragiles ponts naturels restés en place dans ces extraordinaires localités (**)) sont les *témoins des anciennes* voûtes en grande partie écroulées) ; — le *Rummel*, à Constantine, avec ses quatre arcades restées debout sur 300 mètres de parcours seulement (Reclus, Géographie, t. XI, p. 417) ; — les *Sluggas de Gort*, dont je viens de parler.

Les *Tomeens*, sur la rivière Ardsollus, près Tulla, en Irlande, succession de petits tunnels séparés par des tranchées naturelles sur 5 ou 600 mètres de longueur, ne sont absolument qu'une caverne en démolition ; je me suis rendu compte, en juillet 1895, que les tunnels représentent les restes des voûtes du conduit souterrain primitif (***) ; les strates, tombées de leurs ouvertures au fond des tranchées, dans le lit même de la rivière, laissent surprendre sur le fait le mode d'affouillement des calcaires par les eaux.

Enfin, à *Marble-Arch* (Irlande), les quatre effondrements pratiqués à la sortie même de la source montrent que le vallon de la Cladagh s'agrandit ici d'aval en amont ; nulle part l'œuvre de sape d'une rivière souterraine

. (*) *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, 1^{er} trimestre 1893 ; et *Les Abîmes*, chap. ix.

(**) *Les Abîmes*, p. 459 et 465 ; — *Le Monde moderne* (Revue Quantin), octobre 1895.

(***) V. *la Nature*, n° 1187, 29 février 1896.

n'est plus certaine et plus parlante que là ; et les partisans de la théorie qui attribue l'origine des puits naturels principalement à cette cause trouveront à Marble-Arch un des meilleurs arguments à l'appui de leur thèse. Ils devront remarquer, toutefois, que le peu d'épaisseur du terrain superposé à la caverne (15 à 40 mètres au plus) est une circonstance particulièrement favorable à la production des affaissements, et que, conformément à la distinction que j'ai établie dès 1889 (*) et qui se trouve ici confirmée, les conditions ne sont plus du tout les mêmes, quand cette épaisseur dépasse 100 mètres : en ce cas, les abîmes étroits, verticaux et profonds de 100 à 300 mètres, dus surtout à l'action extérieure des ruisseaux qui s'y engouffraient (Karst, Causses, Vaucluse, etc.), se montrent bien plus fréquents que les vrais gouffres d'effondrements ; ceux-ci ne sont alors que des exceptions dont les dolines de la Recca à Saint-Canzian am Karst (Istrie), Padirac (Lot), et peut-être la Mazocha (Moravie), sont les types extrêmes (profonds de plus de 100 mètres).

Les sept exemples que je viens de citer mettent hors de doute que la démolition des cavernes et l'effondrement de leurs voûtes ont pu efficacement concourir à la formation des vallées.

Et ce qui concerne la manifestation de ces affaissements à la surface du sol doit, selon moi, se résumer ainsi : il y a des abîmes, des dolines et des vallées d'effondrements, mais ni les larges et peu profondes dolines ou vallées, ni les étroits et très profonds gouffres, ne sont, en général, dus à des affaissements de voûtes de cavernes.

Et, par-dessus tout, *aucune théorie n'est universelle en ce qui concerne l'origine des cavernes* : chacune de celles qu'on a proposées a été, en général, trop exclusive ; presque toutes sont partiellement justes ; l'absolue vérité

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 octobre 1889.

réside tantôt dans leur combinaison, tantôt dans l'application de l'une ou de l'autre suivant les cas particuliers. Mais revenons à la circulation de l'eau souterraine, dont nous ont écartés les abîmes et les dolines.

Écoulement de l'eau à l'intérieur des terrains fissurés. — Nous avons à considérer en second lieu :

2° Le mode d'écoulement et de propagation de l'eau à l'intérieur des terrains fissurés.

On sait quelle distinction a été établie par MM. Delesse, Daubrée, Ed. Dupont (*), de Lapparent et par moi-même (Les Abîmes, p. 537 et 554), entre les terrains meubles, fragmentaires, ou incohérents, et les terrains fissurés : dans les premiers, l'*imbibition* de toute la masse donne naissance à de vraies nappes d'eau ; dans les seconds, le *suintement* ne pouvant se produire que par les fentes naturelles, et l'eau ne pénétrant pas les blocs compacts délimités par ces fentes (si ce n'est dans la très petite proportion de l'*eau de carrière* introduite par la capillarité), il y a un réseau de canaux confluant des plus petits aux plus grands : j'ai tellement détaillé, dans mes précédentes publications tous ces modes de circulation des eaux souterraines des terrains fissurés, en tout comparables à ceux des ruisseaux et rivières de la surface, ou au système d'égouts (gouttières et collecteurs) d'une grande ville, que j'abuserais vraiment en les décrivant une fois de plus.

Absence des nappes d'eau. — J'insisterai seulement de nouveau, avec M. Daubrée (Eaux souterraines, t. I, p. 18) pour demander la proscription, en de pareils terrains, du terme de *nappe d'eau* : il n'y a pas, dans les terrains fissurés, de *nappe* continue ; la légende de la feuille Forcalquier de la carte géologique au 80.000° est fautive

(*) DELESSE, Recherches sur l'eau dans l'intérieur de la terre : *Bulletin de la Société géologique*, 4 novembre 1861, 2^e série, t. XIX, p. 64 : — DUPONT, Phénomènes des cavernes, p. 13.

quand elle dit que la fontaine de Vaucluse est alimentée par une *nappe* souterraine : *cela est inexact*. Vaucluse est le débouché d'un *fleuve* formé sous la terre par la convergence d'innombrables ruisseaux intérieurs drainant, par les avens et fissures du sol, toutes les eaux des plateaux de Saint-Christol, Banon, Sault, etc. Il ne faut plus qu'on parle du *grand lac souterrain* alimentant les sources du cañon de l'Ardèche ou de la Touvre (Les Abîmes, p. 118, 172, 526, 529, 533). Je ne cesserai pas de combattre cette malencontreuse expression, qui fausse absolument les idées et les recherches. D'après M. Kraus, (Höhlenkunde, p. 137), la Compagnie du chemin de fer de Karlstadt à Fiume, en Croatie, aurait dépensé 30.000 florins à forer des puits pour trouver de l'eau, qui ne s'est pas rencontrée — Aux environs de Châlons-sur-Marne, le niveau de l'eau varie considérablement entre des puits très rapprochés (Daubrée, Eaux souterraines, t. I, p. 198). — « Si une mauvaise chance vous fait tomber sur une portion de la roche calcaire bien compacte, vous avez exécuté un travail inutile » (Arago, Notice sur les puits artésiens, 1835). Dans un récent et important mémoire sur la nitrification et la pureté des eaux de sources (*), M. Th. Schlœsing a dit que, pour les terrains fissurés « la nappe souterraine est discontinue, au lieu d'être continue ». Ce correctif n'est pas suffisant encore : il faut dire que, dans ces terrains, les *courants* et les *poches* remplacent les nappes. Mais je ne veux pas me laisser de nouveau entraîner à une démonstration que je considère comme irréfutable, après tout ce que j'ai vu et décrit sous terre (galeries de Padirac, de la Baume de Sauvas, de la Recca, etc). Les plus grands *lacs* ou nappes d'eau des cavernes n'atteignent pas 100 mètres de *largeur* ; la longueur, la hauteur et l'étroitesse l'emportent toujours

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 13 avril 1896.

de beaucoup. Comment expliquer sans cela les énormes dénivellations, les considérables ascensions d'eau que l'on a observées dans des puits tantôt absorbants, tantôt jaillissants, comme les Sauglöcher de Zirknitz et le puits de la Brême (Jura), — à Trebič (Istrie ; profondeur, 322 mètres), où l'on a vu la rivière souterraine s'élever de 119 mètres en octobre 1870 et de 96 mètres le 30 octobre 1895 — aux Vitarelles (Lot ; profondeur, 85 mètres), quelquefois à moitié pleines d'eau ; — à la Mazocha (Moravie ; profondeur, 136 mètres) où l'eau monte de 30 à 35 mètres, etc. ; — aux *turloughs* d'Irlande ; — à la Kačna Jama (Istrie).

Issues des eaux. Sources. — 3° Le mode de sortie des eaux souterraines sous forme de sources ne nous arrêtera pas non plus bien longtemps. Il est établi maintenant que, presque partout, le parcours des rivières souterraines des terrains fissurés est entravé par des siphons naturels ; ils se manifestent sous la forme de voûtes *mouillantes*, c'est-à-dire de murailles rocheuses immergées dans l'eau sur une profondeur et une épaisseur variables, généralement impossibles à déterminer.

Ces siphons, véritables vannes fixes, de section restreinte, régularisent dans une certaine mesure le débit des eaux souterraines, qu'ils retiennent pour partie dans les réservoirs ou espaces libres situés en amont.

Sources vaclusiennes. — On a donné le nom de sources *vaclusiennes* aux fontaines des terrains fissurés qui, comme Vaucluse, jaillissent directement d'un tel siphon.

J'ai expliqué déjà (*) comment l'emploi de ce terme, à titre générique, n'est pas justifié, et j'ai donné les plans et coupes d'un certain nombre de siphons que j'ai trouvés désamorçés. J'ai signalé aussi divers siphons dont la dispo-

(*) Les Abîmes, p. 333.

sition permet d'espérer que, dans beaucoup de cas, il suffirait sans doute, pour dépasser l'obstacle d'un siphon et retrouver l'espace libre au delà, de percer quelques mètres de roche normalement aux plans des diaclases ou fissures utilisées par l'eau (*). Cela permettrait même peut-être de rendre plus efficace le rôle de régulateurs dévolu à ces rétrécissements sous-aqueux, si, connaissant leurs figure et dimensions exactes, on pouvait, par quelques travaux artificiels, les transformer en vannes mobiles et les asservir ainsi complètement à divers besoins économiques.

Le plus curieux siphon, à ce point de vue, est celui que j'ai découvert à la source de Marble-Arch, le 16 juillet 1895 (**); la source aérienne de la Cladagh, l'orifice ou tête d'aval du siphon se trouve à moins de 5 mètres de distance du dernier bassin souterrain, ou tête d'amont; la roche compacte, sous laquelle l'eau filtre, n'a pas 5 mètres d'épaisseur; l'eau passe par quelque joint entre deux strates qui n'ont pas encore été emportées par le courant; nulle part je n'ai constaté, jusqu'à présent, une aussi faible solution de continuité dans le fil souterrain de l'eau, une aussi petite distance entre les deux surfaces libres du vase communiquant. Cela prouve péremptoirement que le bloc de rocher ainsi laissé en place entre deux diaclases, et immergé dans l'eau, où il s'enfonce comme un tenon dans une mortaise, peut très bien faire siphon avec une fort médiocre épaisseur. Il est vrai que les bassins formés de part et d'autre de ces siphons peuvent atteindre une respectable profondeur. J'ai trouvé 9^m,50 à la source Saint-Georges, près Meyraguet (Lot); 6 mètres au fond de Padirac; 6 mètres à l'Écluse (Ardeche); 13^m,50 à la Foiba-di-Pisino (Istrie); etc. M. Marinitsch a mesuré 13 mètres au lac de la Mort,

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 mai 1896.

(**) *V. Annuaire du Club alpin français pour 1895.*

fin de la Recca de Saint-Canzian ; Schmidl, 13^m,60 au lac des Protées de Planina, et M. Putick, 15 mètres au même endroit. En 1878, l'expérience du plongeur Ottonelli, dirigée par M. Bouvier, a prouvé que le siphon de la source de Vacluse a au moins 30 mètres de profondeur. Celui de Trébić, à l'étiage, arrive à 21 mètres de profondeur, soit à 2 mètres au-dessous du niveau de la mer (*).

Et remarquons que, derrière le siphon de Marble-Arch, dont de bienheureux effondrements m'ont permis d'examiner le réservoir d'amont, ce n'est pas une *nappe d'eau* que j'ai trouvée, mais bel et bien une rivière courante, où mon bateau a pu flotter pendant plus de 500 mètres.

Je reviendrai dans ma seconde partie sur le fonctionnement des siphons souterrains, et je n'ai plus que deux ou trois remarques à faire sur les sources des terrains calcaires.

Fausse sources. — J'ai indiqué, avec M. Édouard Dupont (**), qu'il ne fallait pas considérer comme des sources proprement dites les rivières qui, formées à l'air libre et perdues dans des *goules*, reparaissent après un plus ou moins long parcours souterrain, comme la Lesse à Han, la Piuka à Planina, la Punkwa en Moravie, la Buna à Blagaj (Herzégovine), l'Ombra à Raguse (Dalmatie), la plupart des Kephavrysis (sources) de Grèce, le Clapham-Beck à Ingleborough, la Cladagh à Marble-Arch, etc. (***). M. Schloesing, dans le mémoire cité ci-dessus, a sanctionné cette distinction entre les vraies et les fausses sources et montré quelle importance elle présente, au point de vue hygiénique, pour la filtration et la pureté des eaux (****).

(*) *Spelunca*, n° 4 (1895), p. 148.

(**) Ed. DUPONT, *Bulletin de la Société belge d'hydrologie*, t. IV, 15 juillet 1890, p. 205 ; — MARTEL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 mars 1892 ; — Les Abîmes, p. 549, 552.

(***) Les Abîmes, p. 553.

(****) V. aussi ma note sur la *contamination des sources de terrains calcaires*. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 mars 1892.

Rivières souterraines sans siphons. — Quelques cavernes sont traversées par l'eau sans siphons interposés, mais elles sont rares, et les principaux exemples sont le Mas d'Azil et Bramabiau, en France; Douboca, en Serbie (*); Esetate-Boli, en Transylvanie (**); les grottes de Pung et du Nam-Hin-Boune, en Indo-Chine, etc.

Sources intermittentes régulières. — Enfin, les sources intermittentes dites *régulières* ou *périodiques*, ou à jaillissements également espacés, demeurent encore énigmatiques; toutes sont trop étroites, ou au moins trop dangereuses, pour être explorées à l'intérieur; on reste réduit, sur leur mécanisme, à l'hypothèse du jeu de siphons d'inégaux diamètres, séparés par des réservoirs se vidant plus vite qu'ils ne se remplissent.

Sources intermittentes irrégulières. — Les autres sources intermittentes, *irrégulières* ou *temporaires*, sont généralement les trop-pleins de sources voisines ou peu éloignées.

Je m'en occuperai aussi dans la seconde partie, et je résume ce qui concerne le rôle hydrologique des cavités naturelles du sol en disant que *les eaux d'infiltration sont absorbées par les abîmes et autres crevasses superficielles, emmagasinées par les cavernes et débitées par les sources.*

RECHERCHES DIVERSES A EFFECTUER. — Je n'ai rien à ajouter à ce que l'on sait déjà ou à ce que j'ai précédemment écrit sur les recherches paléontologiques effectuées ou restant à effectuer sous le talus d'éboulements des abîmes, — sur l'origine des phosphorites du Quercy dans les crevasses des Causses de Tarn-et-Garonne, des phosphates d'alumine de Minerve, — sur les glaciers naturelles et les diverses théories dont elles ont été l'objet, — sur les documents

(*) V. *Spelunca*, n° 3 (1895), par le Dr Cvijić.

(**) KRAUS, *Höhlenkunde*, p. 59-60.

stratigraphiques que fourniront les belles coupes naturelles des abîmes, — sur les observations d'ordre tectonique que peuvent provoquer les parois disloquées et contournées de gouffres tels que ceux des Vitarelles, des Besaces et d'Arcambal (Lot), de Saint-Canzian (Istrie), etc., — sur l'étude et l'emploi des substances diverses contenues dans les cavernes (argiles, phosphates, salpêtre, guanos, etc.), — sur l'analyse chimique de leurs eaux, — sur l'utilité, pour les ingénieurs, de connaître les vides existants, afin de n'en être point gênés dans l'exécution des travaux publics, — sur l'utilisation et l'aménagement industriels des cavités souterraines et de leurs réservoirs d'eau, — sur la protection des sources contre la contamination dans les terrains fissurés, — sur la désobstruction des Katavothres et la suppression des marais en Grèce, — sur les expériences de pesanteur et d'électricité à tenter dans les abîmes et cascades souterraines. — Tout un programme d'intéressantes recherches nouvelles est tracé maintenant, grâce aux récents progrès de la spéléologie; depuis dix ans, ces progrès ont rompu le charme de terreur, qui jusqu'alors avait écarté l'homme des profondeurs aujourd'hui parfaitement, sinon facilement, accessibles !

DEUXIÈME PARTIE.

VARIATIONS CLIMATÉRIQUES DES CAVERNES.

La météorologie des cavernes n'a été jusqu'ici l'objet que de très insuffisantes recherches.

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE. — Pour la pression de l'air, je ne connais qu'une expérience scientifique, celle d'Adolf Schmidl, à Adelsberg : pendant vingt-quatre heures

(14-15 septembre 1852), il fit des observations horaires du baromètre dans l'intérieur de la grotte, tandis que M. Schinko se chargeait des lectures correspondantes au dehors dans le bourg même; la conclusion générale fut que la pression était plus forte et ses variations un peu plus amples dans la caverne.

Le temps m'a toujours fait défaut pour exécuter, dans les conditions voulues, des observations de ce genre. J'ai deux remarques seulement à produire.

La première c'est que, dans tous les abîmes verticaux où les mesures directes ont été possibles, les indications du baromètre ont bien coïncidé avec celles des sondages à la corde; il est vrai que, dans ces puits droits, l'air extérieur arrive directement au fond. A Jean-Nouveau, par exemple, le baromètre indiquait de 160 à 165 mètres de profondeur, et la corde, 163 mètres; à Padirac, la moyenne de toutes les lectures est 103 mètres, chiffre du sondage.

Anomalies observées. — La seconde, c'est que les deux cavernes où je suis le plus fréquemment descendu (Dargilan sept fois, et Padirac six fois) m'ont, à plusieurs reprises, montré des anomalies barométriques tout à fait inexplicables. A Dargilan, notamment, l'une d'elles s'est répétée deux fois dans la grande galerie; elle me faisait trouver une profondeur de 130 mètres en 1889 et de 80 mètres en 1896, au lieu de 55 mètres en 1892 (même instrument en 1892 qu'en 1896). Ce dernier chiffre est bien approché de la vérité, puisqu'en 1895 M. Carrière, géomètre expert, dans le travail de précision dont il a été chargé par le tribunal du Vigan, au cours d'un procès, a trouvé 57^m,81.

Je ne puis imputer à des erreurs de lecture ces accidents réitérés dans des mêmes localités: mais, faute de précision suffisante, je dois me borner à attirer l'attention sur cette question.

TEMPÉRATURES. — *Nouveaux principes reconnus.* — Pour les températures de l'air et de l'eau des cavernes et des sources, au contraire, j'ai pu formuler, à l'aide de plus d'un millier d'observations, les nouvelles données suivantes : 1° la température de l'air des cavernes n'est pas constante ; — 2° elle n'est pas uniforme dans les diverses parties d'une même cavité ; — 3° celle de l'eau y est sujette aux mêmes variations et dissemblances ; — 4° elle diffère souvent de celle de l'air ; — 5° les rivières englouties dans les cavernes peuvent y produire, de l'été à l'hiver, des variations importantes, plus faibles cependant que celles de l'air extérieur ; — 6° la température des sources n'est pas toujours égale à la température moyenne annuelle du lieu ; — 7° dans les abîmes verticaux, communiquant librement avec le dehors, il se produit une opposition complète entre la température de la saison chaude et celle de la saison froide, sous l'influence de la température externe (*).

Anomalies géothermiques dans les abîmes. — Je n'ai jamais vu, même à Rabanel, Vigne-Close, Jean-Nouveau, Viazac (tous profonds de plus de 150 mètres), la température augmenter, comme dans les mines et les tunnels, avec la profondeur. Cela tient sans doute à l'extrême fissuration du calcaire et à la densité de l'air froid, qui tend toujours à se précipiter dans les fissures.

Cependant deux faits contraires ont été récemment observés dans le Karst autrichien.

A l'abîme de *Kluc* (Bassoviza, près Trieste), le 1^{er} novembre 1894, les premiers explorateurs (MM. Petritsch, Perko, Citter, etc.) ont trouvé : 2°,5 C. à l'extérieur ;

(*) V. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 mars 1894, 13 janvier 1896, 20 avril 1896 ; — et *Les Abîmes*, p. 391, 483, 485, 575 et 562.

12°,5 à 25 mètres de profondeur; 15° à 90 mètres; 17° à 170 mètres; 19° à 226 mètres (*).

Dans l'abîme du *cimetière*, près Bassovizza également, M. E. Boegan a observé, le 9 février 1896: 9° C. à l'extérieur, 18° à 115 mètres, au fond du grand puits absolument vertical, 13°,5 à 201 mètres à l'extrémité de la galerie, longue de 181 mètres et inclinée à 30°, qui fait suite au puits (cette deuxième observation a été contestée).

La moyenne annuelle de la localité est d'environ 10° (**).

La raison de ces réchauffements est inconnue. Peut-être existe-t-il dans le voisinage une source thermique ignorée, comme le supposait Marcel de Serres à propos des trous de Monteils, près de Montpellier (***). Peut-être le calcaire est-il là moins fissuré et s'oppose-t-il à la descente de l'air froid en hiver. Il sera utile de multiplier les renseignements sur ce point. Les anomalies géothermiques des cavernes profondes méritent d'être étudiées.

ORIGINE ET VARIATIONS DE L'ACIDE CARBONIQUE. — Une des curieuses variations à examiner, dans les cavernes, est celle du niveau de l'acide carbonique, dans les rares endroits où on l'a rencontré; elles dépendent sans doute des changements qui affectent la pression atmosphérique.

Le *Creux de Souci* de la coulée du Puy de Montchal (derrière le lac Pavin), en Auvergne, a montré ainsi les plus curieuses fluctuations dans sa couche d'acide carbonique: Gaupillat, Delebecque et moi avons été arrêtés à 4 mètres du fond le 19 juin 1892; dans le second semestre de cette année-là, M. Berthoule y descendait sans encombre à

(*) V. *Spelunca*, n° 1 (1895), p. 43.

(**) *Spelunca*, n° 5 (1896), p. 43.

(***) V. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 mai 1837; — et *Essai sur les cavernes à ossements*, p. 29 (3^e édit.).

quatre reprises; une cinquième fois, le 10 août 1893; puis, le 18 août 1893, une véritable éruption d'acide carbonique se manifestait à l'orifice du gouffre (*).

Au gouffre de Roque-de-Corn sur le Causse de Gramat, M. Lalande retrouvait, le 3 octobre 1891, l'acide carbonique qui nous avait empêchés, le 12 septembre 1890, de pénétrer dans une poche latérale de la caverne; le 30 septembre 1895, l'obstacle avait disparu, et j'ai pu pénétrer dans cette poche profonde de 3 mètres; elle mène à une galerie basse horizontale, où l'affaiblissement de ma lumière et la difficulté de respiration trahissaient encore l'acide carbonique; il avait donc baissé, sans disparaître complètement. Au bout de la caverne, le siphon terminal, qui arrête la marche, avait baissé également. Quelle relation peut-il exister entre ces deux manifestations?

L'acide carbonique a encore été rencontré à la source de Mayaguar et à la goule de Foussoubie (Ardèche), ainsi que dans les Katavothres du Dragon, de Verzova et de Spilia-Gogou (Péloponèse) (**). Dans ces trois dernières localités, son origine paraît due à la décomposition de matières végétales entraînées par les eaux; au Creux de Souci, c'est une mofette, reste de l'ancienne activité volcanique; à Roque-de-Corn et dans l'Ardèche, elle demeure inexpiquée.

VARIATIONS DU NIVEAU DES EAUX. — Ce qui varie le plus, en somme, dans les cavernes, c'est le niveau de leurs eaux.

On a vu plus haut que ces eaux y pénètrent de deux façons différentes : goutte à goutte, par le suintement des voûtes; à flots plus ou moins abondants, par les absorptions de ruisseaux.

(*) V. Les Abîmes, chap. xxii; — et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 juillet et 28 novembre 1892.

(**) Les Abîmes, p. 101, 106, 503, 510.

Le suintement remplit, en général, des bassins isolés ou réunis entre eux; les pertes sont continuées par les rivières souterraines. Les variations de niveau des uns et des autres dépendent exclusivement des précipitations atmosphériques extérieures. D'après les observations précises suivantes, elles doivent être beaucoup plus brusques qu'on ne semblait l'admettre jusqu'à présent.

Ruisseaux absorbés. — Dans les diverses grottes du cours souterrain de la Piuka (Adelsberg, Piuka-Jama, Planina, etc.), MM. Kraus et Putick ont observé fréquemment que les crues intérieures suivaient à quelques heures près celles de l'extérieur, retardées seulement de plus en plus vers l'aval par les différents siphons interposés.

Le 20 septembre 1893, j'y ai vu, dans un des petits lacs souterrains, 1 mètre d'eau de plus que le 16. Le 18 septembre 1893, j'ai vu la Piuka à Planina croître et décroître de 0^m,60 en quatre heures (*). Gaupillat, en 1892, a constaté que les rivières souterraines de la Baume-de-Sauvas (Ardèche) et du Tindoul de la Vayssière coulaient à gros bouillons moins de vingt-quatre heures après de fortes chutes d'eau en amont (Les Abîmes, p. 129, etc.). La Lesse, dans la caverne de Han, subit également des crues et baisses très rapides; nous nous en sommes assurés, M. L. De Launay et moi, en avril 1890.

De même, à Peak-Cavern (Derbyshire), en juillet 1895.

Mes récentes observations à Padirac sont particulièrement instructives. Le courant souterrain y est en somme formé par plusieurs ruisseaux perdus dans une faille et reparaissant à 100 mètres sous terre en une fontaine unique. Les 9-10 juillet 1889 et 9-10 septembre 1890, la fontaine coulait faiblement; les 22-23 septembre 1890, un

(*) Les Abîmes. p. 100, 191, 450.

orage la grossissait considérablement ; le 28 septembre 1895, au soir, elle était tarie ; le lendemain matin, elle recommençait à couler très peu ; du 28 mars au 1^{er} avril 1896, pendant de fortes chutes de pluie et neige, son débit était plus fort que nous ne l'avons jamais vu ; il a dû atteindre, à son maximum, 1 mètre cube par seconde ; et nous avons, durant ces cinq jours, constaté que ses variations suivirent exactement, avec vingt-quatre heures environ de retard, celles de la précipitation atmosphérique (*).

Ces faits ne permettent plus guère d'énoncer que « dans les calcaires fissurés les variations du régime météorologique ne se font que lentement sentir sur les réservoirs intérieurs des sources (**) ». Ils nous autorisent à demander la modification de ce principe, admis jusqu'ici.

Vitesse des rivières souterraines. Expériences de coloration. — Disons maintenant quelles données on possède sur la vitesse de propagation des rivières souterraines. Elles résultent d'expériences de coloration : des solutions de fluorescéine ou d'uranine, jetées dans des pertes de rivières, ont coloré les sources supposées correspondantes avec une rapidité plus ou moins grande, consignée dans le tableau ci-dessous (***) :

(*) V. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 avril 1896 ; — et *Revue de géographie*, juin 1896.

(**) DE LAPPARENT, *Géographie physique*, p. 87.

(***) V., pour plus de détails, *Les Abîmes*, p. 477. 553, etc. ; — et DE AGOSTINI et MARINELLI, *Studii idrografici sul Bacino Della Pollaccia*, *Rivista geografica italiana*, mai 1894. — Rappelons aussi les expériences de M. Ferray pour l'Avre et l'Iton (Eure) ; *Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences*. Caen, 1894.

DATE de l'expérience	NOMS des expérimentateurs	PERTE	SOURCE	DISTANCE	DURÉE de la transmission	NOMBRE de mètres par heure
9 oct. 1877	Ten Brink (ou Durand)	Danube	Aach	kilomètres 14 ou 30 (?)	heures 60 24 (?)	233 mètres 1,250 " (!)
12 juin 1891	Doria	Recca à Ober-Urem	Recca à Saint-Canzian	8	10	800 "
1 ^{re} sept. 1893	Piccard	Lac Brenet	Orbe	3	50	60 "
28 déc. 1893	Forel et Gollier	"	"	"	22	136 "
3 mars 1894	Agostini et Marinelli	Canal d'Arni	Pollaccia	3,75	41	91 "
28 mars 1896	Martel et Rupin	Perte de Bagou	Rivière souterr. de Padirac	2	30	66 "
D'après M. Sidérakis		Kat. de Verzova	Benicovi	4	2 à 3 (?)	2 à 1,3 kilom.

Beaucoup d'autres expériences de ce genre sont demeurées infructueuses, ou ont été exécutées avec trop peu de précision pour donner des résultats utiles. Ce chapitre encore est un des plus incomplets.

Bassins de suintement. — Les bassins stalagmitiques uniquement alimentés par les suintements des voûtes sont sujets à des oscillations analogues, quoique sans doute moins brusques et provoquées par l'évaporation.

A Padirac, le *gour*, placé à 90 mètres sous terre, entre le deuxième et le troisième puits, était tout à fait vide (si ce n'est de pierres) en juillet 1889, septembre 1890 et septembre 1895; complètement plein, au contraire, en mars 1896. — Au lac supérieur du grand dôme, le niveau de l'eau, en dessous de la margelle stalagmitique, était à environ 50 centimètres le 9 septembre 1890, 25 centimètres le 23 septembre 1890, 1 mètre le 29 septembre 1895; l'eau s'écoulait en cascadelles par dessus en mars 1896.

A Dargilan, au contraire, le 4 avril 1896, tous les bas-

sins étaient à peu près vides, ou du moins plus bas de 0^m,75 à 1^m,50 qu'en 1888, 1889, 1890 et 1892. Jamais on ne les avait vus aussi réduits. Cela tient à ce que l'année 1895 a été très sèche et qu'aucune neige n'est tombée pendant l'hiver 1895-1896 sur le Causse Noir. Le suintement des voûtes était presque complètement arrêté le 4 avril 1896. L'évaporation est donc active dans les cavernes.

A la même époque, toutes les citernes du Causse Méjéan étaient vides, et les habitants devaient descendre chercher leur eau dans les vallées.

Tout ce qui précède établit suffisamment que l'infiltration des eaux superficielles est, en général, assez rapide à travers les fissures du calcaire et que les cavernes s'emplissent et se vident plus vite qu'on ne pourrait le croire ; pour accroître leur efficacité comme réservoirs et régulateurs des eaux souterraines, il faudrait donc ralentir l'infiltration.

Reboisement. — Le moyen est bien connu ; il consiste à reconstituer le sol végétal par le reboisement. Mais ce n'est pas ici qu'il faut une fois de plus insister sur les désastreux effets de la destruction des forêts, ni sur le danger du lent et progressif dessèchement de la terre. Innombrables sont les preuves de ce dessèchement : disparition ou diminution de sources, officiellement constatées depuis un siècle environ ; — petitesse des canaux souterrains actuels, comparés à ceux des anciennes rivières souterraines abandonnées (à la Piuka, par exemple) ; — délaissement complet par l'eau souterraine d'aqueducs naturels aussi immenses que celui de la grotte de Saint-Marcel d'Ardeche, par exemple ; — etc., etc. (*). Ce n'est pas aux lecteurs des *Annales des Mines* que ces vérités doivent être répétées ; c'est aux adversaires de

(*) V. DELESSER, *Bulletin de la Société de géologie de France*, 2^e série, t. XIX (4 novembre 1861), p. 87 (Diminution de l'eau superficielle) ; — MARTEL, *Les Abîmes*, p. 220, 553.

l'administration forestière, aux peu clairvoyants pâtres et cultivateurs qu'il faudrait inspirer le respect de l'arbre ; des lois sévères pourront seules y parvenir.

Trop-pleins et sources temporaires. — Les crues de rivières souterraines, dont je viens de fournir des exemples, donnent la clef du fonctionnement de ces sources temporaires qu'on ne voit jaillir qu'après les grandes pluies hors de cavernes la plupart du temps à sec ; j'ai pénétré dans un grand nombre de ces trop-pleins, presque tous anciens déversoirs de courants jadis beaucoup plus importants, aujourd'hui déchus, et plus bas enfouis dans le sol ; tous se ressemblent, depuis la caverne d'Ingleborough, en Angleterre, jusqu'à celle de la Rjeka, au Monténégro ; depuis la grotte de Saint-Géry (la Bonnette, Tarn-et-Garonne) jusqu'au Kephlovrysi (source) de Benicovi (Péloponèse). Chacun mène, après un plus ou moins long trajet, aux cours actuels de ruisseaux souterrains et aux siphons qui les entravent. Ce sont les soupapes de sûreté des inondations souterraines. Parfois nous avons pu circuler pendant des sécheresses dans de vrais siphons désamorcés (source de l'Ecluse, Ardèche ; — Rjeka du Monténégro ; — source des Douze, Lozère ; — le Boundoulaou, Aveyron ; — Grotte du Sergent, Hérault ; — de l'Aluech, Aveyron ; — Œil-de-la-Dou (Lot), exploré par M. Rupin ; — source du Liron, trop-plein du Lez (Hérault), exploré par M. Twight, etc., etc.).

Parmi les plus curieux de ces trop-pleins sont certainement ceux de la *Bonnette* et de l'*Oule* (Lot). A la source de la Bonnette, l'eau ne sort plus à l'étiage, par la caverne, mais 15 à 20 mètres au dessous, par un étroit canal impénétrable ; l'ancien déversoir ne fonctionne plus que très rarement, après les très fortes chutes de pluie ; le plan et la coupe de la Pl. I (*fig.* 3 et 4) expliquent suffisamment le fonctionnement de cette source. — Quant

à l'Oule, elle ne coule que lorsque la source du Lantouy (source de fond, comme le Loiret), à 3 kilomètres au nord et 50 mètres plus bas, jaillit à gros bouillons. En 1894 et 1895, l'Oule a été explorée à diverses reprises par MM. G. Pradines et Aymard (de Limogne) et moi-même ; à chaque visite, le niveau du siphon final a été trouvé différent. Et même, en octobre 1895, il était complètement obstrué par du sable. Des modifications dues à des déplacements ou éboulements d'argile y ont été aussi constatées. Le plan et la coupe, Pl. I, *fig.* 1 et 2, montrent suffisamment comment l'eau, pour se faire jour au dehors, a transformé les fissures du sol. Les dispositions siphonnantes les plus complexes s'y remarquent ; elles expliquent comment des amorçages subits peuvent donner lieu aux brusques, quoique rares, jaillissements, parfois élevés de plusieurs mètres, qui ont rendu cette source très célèbre dans la région de Cahors. Je ne saurais mieux terminer que par ce remarquable exemple tout ce qui se rapporte à l'hydrologie des cavernes.

TROISIÈME PARTIE.

LES CAVERNES DU PEAK (DERBYSHIRE)

ET LEURS RELATIONS AVEC LES FILONS MÉTALLIFÈRES.

RELATION DES CAVITÉS NATURELLES AVEC LES FILONS. — Il est aisé de comprendre qu'une relation puisse exister entre les abîmes, cavernes et sources, d'une part, et les filons métallifères, d'autre part, puisque les cassures naturelles du sol ont dirigé aussi bien le travail excavateur des eaux souterraines, que l'œuvre de précipitation ancienne des émanations métalliques. Dans les divers phénomènes d'altération et de remise en mouvement des minerais, que les

eaux superficielles produisent sur la partie haute des filons, et particulièrement quand ceux-ci recoupent des calcaires, on a souvent constaté l'intervention de véritables grottes contiguës à ces filons, et où se sont parfois redéposés, par une réaction secondaire, des minerais empruntés aux gîtes voisins. Ces grottes, incrustées ainsi de galène, de blende, de carbonate de plomb, de calamine, de gypse, etc., où l'on a parfois voulu voir la forme primitive du gîte métallifère, ont été, en réalité, creusées longtemps après le dépôt de celui-ci, alors que la surface du sol était déjà à son niveau actuel, et l'on comprend que les eaux, acidifiées par leur contact avec des sulfures métalliques divers en présence de l'oxygène de l'air, aient dû avoir sur les calcaires une action corrosive tout particulièrement intense (*).

Nous nous contenterons de rappeler ici, parmi les cas les plus connus de grottes encore ouvertes au contact de gîtes métallifères, ceux du Laurium en Grèce, d'Eureka dans le Nevada, de cavernes plombifères dans la dolomie (Haut-Mississipi ; V. Von Groddeck, *Gîtes métallifères*, p. 323), etc. (**). Les poches à phosphorites du Quercy, de phosphate et de manganèse du Nassau, de minerai de fer sidérolithique du Berry, etc., se rattachent également au même ordre de phénomènes.

Il y aurait un grand intérêt à préciser, par des études directes et méthodiques faites sur ces grottes et poches, les conditions exactes de ces relations, la vraie nature du rapport entre les cavernes et les filons, l'ordre de succession général des deux phénomènes, etc.

Les profondes explorations d'abîmes sont-elles de nature à faire connaître dans cet ordre d'idées des choses inté-

(*) V. L. DE LAUNAY, *L'Argent*, p. 95-106; Paris, J.-B. Baillière, 1896; in-8°.

(**) A Balls-Eye-Mine près Bonsal, le minerai de plomb argentifère remplissait une grotte naturelle jusqu'à la hauteur d'un mètre de la surface du sol (SHORT, *op. cit.*, 1734, p. 73).

ressantes ? Quelques faits, jusqu'à présent très rares, mais très caractéristiques, permettent de répondre affirmativement sans nulle hésitation.

Le plus curieux est assurément la galerie de mine découverte, en juillet 1892, par mon collaborateur G. Gaupillat, au fond de l'abîme de Bouche-Payrol, près Silvanès (Aveyron), à 120 mètres sous terre. Il est dans le calcaire de transition ; la galerie est taillée au pic ; les scories et la couleur verte des stalactites dénotent un gisement cuprifère ; cette exploitation reste un mystère, et l'on n'a pas encore fait l'étude que je recommandais (p. 165 des Abîmes) pour la solution de ce curieux problème.

Une des galeries de Bramabiau renferme un filon de fer dont l'injection en plein calcaire infraliasique n'est pas moins énigmatique.

Enfin, les cavernes du Peak, en Derbyshire (Angleterre), recoupent une quantité de filons plombifères.

J'ai visité ces cavernes l'année dernière, et la description détaillée que je vais en donner fournira quelques vagues indications sur les rapports des deux phénomènes, en même temps qu'elle présentera un assez complet résumé des questions géologiques et hydrologiques examinées dans les pages qui précèdent.

CAVERNES DU DERBYSHIRE. LE PEAK. — Le *Peak* (Derbyshire), dont ni les formes ni l'altitude (300 à 637 mètres) ne justifient le nom (le pic), est un ensemble de plateaux calcaires carbonifères, sillonnés de peu profondes vallées, entre Manchester et Sheffield.

Sur son versant oriental, aux sources de la rivière Derwent, le village de Castleton est depuis longtemps célèbre pour ses environs pittoresques et ses très curieuses cavernes, qui sont au nombre de trois : la Peak-Cavern, la Speedwell-Mine et la Blue-John-Mine.

Les deux dernières sont en partie artificielles, et toutes trois présentent des dispositions exceptionnelles, — sur lesquelles je vais m'étendre, — en ce qui touche l'hydrologie souterraine et la relation avec les filons métallifères de la région.

Peak-Cavern. — La caverne du Peak, nommée aussi caverne du Diable (*Devil's arse*), derrière le village même de Castleton, est peut-être la plus populaire d'Angleterre, et chaque jour de nombreux touristes s'y succèdent.

Il y a cent ans que le naturaliste français Faujas de Saint-Fond l'a traitée de magnifique caverne dans une description de 17 pages, fort ampoulée, consacrée à cette première des « sept merveilles du Derbyshire, célébrée par plusieurs poètes (*) ».

Schmidl, le vaillant explorateur des cavernes d'Autriche, la cite dans un de ses mémoires (**) et lui attribue, par oui-dire, une longueur égale à 458 klafter de Vienne, soit 868 mètres. Badin (***) dit que sa grande salle est « tellement immense que les flambeaux n'en peuvent dissiper les ténèbres, et qu'il est impossible d'en mesurer l'élévation et la profondeur ». Enfin, les guides spéciaux et de nombreuses descriptions anglaises en font naturellement le plus pompeux éloge.

Disons tout de suite que l'entrée seule, le vestibule, est digne d'admiration, bien méritée, il est vrai, car c'est un tableau moins grandiose, mais plus gai que Vaucluse, et aussi surprenant que la perte du Réveillon, dans le Lot, et la sortie de la Piuka à Kleinhaüsel (Carniole).

C'est, d'ailleurs, une rivière souterraine qui a édifié ce porche monumental : mais elle ne l'utilise plus que comme trop-plein, lors de ses crues, car elle est bien déçue de

(*) Voyage en Angleterre, t. II, p. 361-377.

(**) Die Baradla-Höhle, 1856.

(***) Grottes et Cavernes, p. 198 ; Paris, Hachette, 1870, in-12.

son ancienne puissance et elle jaillit aujourd'hui en aval et à un niveau inférieur, en trois points où nous reviendrons tout à l'heure. Au printemps, il faut souvent la débayer (*) après les flux de l'hiver.

Retrouver son cours intérieur et reconnaître les causes de ses débordements à la suite des grandes pluies, telle est la seule raison de pénétrer à l'intérieur de Peak-Cavern, qui ne possède pas une seule jolie concrétion.

Sur le plan et la coupe (Pl. III, *fig.* 1 et 2) figurent les dispositions dignes de remarque.

Du côté ouest du vestibule (à droite en entrant) s'ouvre dans la voûte une fissure (aven), à peu près verticale, qui a dû amener jadis de fortes infiltrations ; elles confluaient là avec le courant qui venait du cœur de la montagne.

J'ai dit plus haut que ce courant ne sort plus ici en temps ordinaire, mais seulement lors des crues ; encore ne remplit-il, en ce cas, qu'une partie du vestibule, une sorte de fossé creusé dans l'argile de remplissage, le long et au pied de la paroi est (à gauche en entrant).

Derrière une porte placée au fond du vestibule, un couloir a été nommé *salle des Cloches*, à cause des petits dômes d'érosion creusés dans sa voûte ; au bout, le *Styx* est un bassin d'eau de 15 mètres de longueur sur 2 ou 3 de largeur ; autrefois on le traversait à demi couché dans un bateau, pour passer sous une strate rocheuse et déboucher dans la grande salle qui le suit. On a simplifié ce passage et pratiqué un tunnel dans le rocher voisin.

Le déversoir du Styx (qui n'a pas 1 mètre de profondeur) est, dans la salle des Cloches, une simple infiltration d'eau entre les pierres du sol.

Les dimensions que la majorité des auteurs prêtent à la

(*) *Caves of the earth*, p. 46. (Pour les renvois bibliographiques voir la liste à la fin de chapitre.)

Grande-Salle doivent être réduites de 82 à 60 mètres environ pour la longueur, de 64 à 30 pour la largeur et de 37 à 25 ou 30 pour la hauteur (*). C'est un évidement d'érosion et de corrosion, pratiqué par les eaux souterraines, en amont des strates plus résistantes du Styx et de la salle des Cloches, avant qu'elles aient réussi à s'évacuer par là. Faujas de Saint-Fond ignore « ce qu'ont pu devenir les matériaux qui ont dû occuper d'aussi grands vides ». Ils ont été dissociés par l'eau, qui s'est chargée du carbonate de chaux et a déposé l'argile. Une partie, d'ailleurs, est demeurée dans la salle sous forme de deux talus entre lesquels le menu ruisseau du Styx a tracé son lit.

Un petit sentier en zigzag gravit le talus méridional, en haut duquel s'ouvrent deux petites galeries ; l'une, droit au sud, est une impasse argileuse ; l'autre, vers le sud-est, est plus large et débouche, après deux ou trois coudes, sur un balcon rocheux, nommé la *Chaire* ou l'*Orchestre*, à l'élévation *considérable* de ... 7 mètres au-dessus du sol d'une autre petite salle nommée *Roger-Rain's House* ; les visiteurs se rendent de la Grande-Salle jusqu'au pied de l'*Orchestre* par le chemin ordinaire, très facile, un large couloir montant et tournant. Bien mieux que les explications du guide, le magnésium et la boussole m'ont fait voir là une curieuse disposition, suffisamment expliquée par la coupe.

Roger-Rain's House (la maison de la pluie du génie Roger) communique avec la Grande-Salle par deux passages, l'un inférieur (celui des visiteurs), l'autre du balcon, tous deux forés par l'eau. A la voûte de Roger-Rain's House, une fissure d'infiltration débite une cascabelle qui ne tarit jamais, paraît-il, et dont le volume varie selon

*. ALEX. *op. cit.* (1795). lui donne bien 70 yards de long, mais 40 de haut. Le yard vaut 0^m,914.

l'abondance des pluies. On prétendait que cette *pluie du génie Roger* provient d'une petite source (*Lady's Well*), qui, dans le ravin de *Cave-Dale*, derrière le château de Péveril (*), se perd dans des fissures rocheuses presque dès sa naissance ; cette hypothèse doit être exacte ; en superposant le tracé extérieur de *Cave-Dale* au tracé intérieur de la caverne, j'ai reconnu qu'il y a peu de distance horizontale (environ 150 mètres) et 20 mètres de différence de niveau entre la perte de *Lady's-Well* et la voûte de *Roger-Rain's House* (V. la coupe *fig. 2*). En temps ordinaire, cette infiltration constante, qui nous montre, comme bien d'autres *swallow holes*, que les terrains calcaires anglais ne sont point encore parvenus au dessèchement superficiel complet, sert d'aliment au *Styx*, qu'elle va nourrir par la galerie des visiteurs et la Grande-Salle. Après les fortes pluies, elle doit se subdiviser en deux parties, et la seconde se déverse dans une autre galerie (*Pluto's Dining-Room*) qui s'incline assez rapidement vers le sud ; c'est la continuation de la caverne. Après 150 mètres de parcours et 23 mètres de descente, cette galerie tourne à angle droit et est occupée par un vrai cours d'eau, beaucoup plus abondant que le *Styx*, et réel excavateur de ce labyrinthe ; à main gauche (côté est), il disparaît sous une voûte basse où l'on ne peut le suivre ; mais jadis (et maintenant encore aux grandes eaux) il s'élevait jusqu'à *Roger-Rain's House*, redescendait dans la Grande-Salle, puis remontait un peu la salle des Cloches pour sortir, impétueuse rivière, par la grande arche d'entrée, qu'il délaisse maintenant d'ordinaire : ma coupe fait bien voir, avec les hauteurs deux fois et demie plus grandes que les longueurs, les deux curieux siphons successifs ainsi parcourus par l'ancien torrent ; elle explique aussi

(*) Sous le donjon de ce château, M. Rooke Pennington a trouvé et fouillé une petite caverne préhistorique (celtique?) (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. XXXI, 1875, p. 238).

comment, au confluent de Roger-Rain's, il devait se produire un excès de pression qui a favorisé l'excavation de la galerie du balcon et de la Grande-Salle. Tout cela s'est vidé le jour où, conformément à l'universelle loi des cavernes, l'eau a pu se frayer, à un niveau inférieur, une nouvelle voie qui lui évitait l'ascension des siphons. Cette voie, impénétrable à l'homme actuellement, est marquée sur les deux figures par une ligne pointillée (courant inconnu).

La suite de la galerie est désormais en pente fort douce, ne s'élevant guère que de 4 ou 5 mètres sur les 300 mètres pendant lesquels on peut la remonter ; le ruisseau y coule bruyamment entre des berges d'argile, sur lesquelles on a tracé un bon sentier qui franchit l'eau cinq fois. La hauteur du couloir, peu accidenté, sans aucun effondrement, est de 3 mètres en moyenne ; sa largeur est de 4 à 6 mètres.

A la voûte, on remarque les régulières petites ogives de plusieurs arcades (*arches*) ; ce sont des diaclases transversales, agrandies en fuseaux, comme dans la plupart des cavernes ; quelques-unes ont pris la forme de petites coupes d'érosion ; et trois d'entre elles, les principales, sont de grandes fissures d'infiltration, comme celle du vestibule, — des affluents souterrains pareils à Roger-Rain's, mais ne fonctionnant plus maintenant, sans doute, qu'après les pluies ou la fonte des neiges. — La dernière de ces crevasses verticales est un énorme *aren*, une de ces fissures ascendantes que les mineurs de la contrée nomment des *rakes*, large de 6 à 10 mètres et incliné de 75 à 80° environ sur l'horizon ; c'est un abîme inachevé, c'est-à-dire une cassure que l'érosion n'a pas dilatée jusqu'à la surface du sol, car l'on n'y a pas trouvé son orifice. Il est fort élevé cependant, tout en n'ayant pas sans doute la hauteur de plus de 300 pieds qu'on lui attribue ; s'il l'atteignait, il recouperait la surface du sol, qui,

d'après la superposition de la carte au 10.560° et de mon levé souterrain, doit se trouver en cet endroit à 100 mètres au-dessus du niveau de la rivière intérieure. Ce gouffre, fermé par le haut, nommé *Victoria-Cave*, et découvert en 1842, rentre dans la catégorie des avens latéralement greffés sur des rivières souterraines, tels que Rabanel, les Combettes, le Mas-Raynal (*) et le Grand-Dôme-de-Padirac (**). Comme pour tous les puits verticaux des voûtes de caverne, il serait bon d'en effectuer l'ascension, afin de rechercher s'il ne sert pas d'exutoire à un ou plusieurs étages de grottes. Autrefois, on avait construit une sorte d'échafaudage pour éclairer le gouffre par le haut. Mais les bois se sont pourris ; on pourrait les rétablir et les prolonger en hauteur.

On sait que nous avons trouvé, sous les Causses, maints exemples de ces superpositions (Viazac, Baumes-Chaudes, Tabourel, etc.), et que MM. Marinistch, Müller et Hanke ont rencontré plusieurs excavations latérales importantes, en escaladant ainsi les parois presque verticales du colossal souterrain de la Recca, près Trieste (***).

Au pied même de *Victoria-Cave*, il y a un autre affluent, horizontal, celui-là ; un filet d'eau sort d'une très courte galerie (V. le plan, Pl. III, *fig.* 1), où la marche est arrêtée au bout de quelques mètres par un bassin d'eau ; la voûte baisse, mais un tournant ne m'a pas permis de voir s'il y a là un siphon véritable, la profondeur était trop grande pour s'y avancer, et je ne sais guère si un bateau, même démontable, pourrait évoluer ici ; c'est un point qu'il y aurait lieu d'examiner après une longue sécheresse ; les eaux étaient assez hautes lors de ma visite ; la température de cet affluent était de 8° C.,

(*) V. *Les Abîmes*, p. 143, 172, 325.

(**) V. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 octobre 1895 ; — et *la Nature*, 16 novembre 1895.

(***) V. *Les Abîmes*, p. 209, 232, 334, 469.

ce qui correspond à la moyenne température annuelle de la localité. Il est fort possible, et j'expliquerai tout à l'heure comment, que cet affluent provienne de la deuxième grotte de Castleton, celle de la *Speedwell-Mine*.

Après ce double et curieux confluent, la galerie du ruisseau principal tourne brusquement à angle droit vers le sud-est ; au bout de 30 mètres, le sentier s'arrête, parce que l'eau occupe toute la largeur de la galerie ; en me mouillant jusqu'au ventre, j'ai pu constater qu'il fallait supprimer, comme légendaire, la soi-disant prolongation *libre* vers Perryfoot, que l'on affirmait exister jusqu'à 5 kilomètres vers l'ouest ; j'ai trouvé, en effet, le siphon complet, absolu, avec la roche partout *mouillée*, après 20 mètres de marche dans l'eau (8° C.) (*). Tout ce que la vérité permet de dire, c'est que l'eau, étant fort claire, doit venir de loin en se filtrant, en route, à travers des éboulis ou d'étroites fissures ; et que la relation avec Perryfoot, où un ruisseau se perd dans un swallow-hole, est vraisemblable, mais ne peut être constatée matériellement, si ce n'est par une expérience de coloration.

La longueur de 2.250 à 2.300 pieds (686 à 701 mètres) que l'on attribue à Peak-Cavern doit être exacte ; j'ai trouvé, par une simple mesure approximative au pas, 650 mètres environ.

En résumé, l'intérieur de la caverne du Diable, sans aucun attrait pittoresque, est du plus haut intérêt hydrologique ; sa partie sèche apprend comment ont travaillé les eaux souterraines d'autrefois ; sa galerie du ruisseau montre comment elles fonctionnent aujourd'hui. Toutes deux confirment ces conclusions formelles de mes précédentes recherches, savoir :

(*) Bray raconte, d'ailleurs (Sketch of a tour, p. 198), que, vers 1773, quelqu'un, ayant essayé de plonger sous les roches, ne réussit qu'à s'endommager la tête et à s'évanouir au fond de l'eau, d'où on le retira avec peine.

1° Que les eaux actuelles sont beaucoup moins abondantes que les anciennes;

2° Que, dans les cavernes, elles n'ont jamais cessé de chercher et de trouver des niveaux de plus en plus profonds;

3° Et que les rivières souterraines aboutissant à des sources sont bien, dans les terrains fissurés, les collecteurs généraux de crevasses de drainage, ramifiées à l'infini dans le sol, sous forme de galeries ou de puits verticaux.

Comme dans le Périgord (V. Les Abîmes, p. 376), les gens du pays affirment que la caverne a été formée par une action volcanique et « agrandie par la force des courants souterrains (*) ».

Sources de Peak-Cavern. — Nous avons à examiner maintenant les sources qui, entre la caverne et le village de Castleton, sourdent de terre, pour former le ruisseau nommé *Peak's-Hole-Water*, rejoignant à *Hope* la rivière *Noe*, affluent elle-même de la *Derwent*.

Il y a trois de ces sources, toutes impénétrables à l'homme. La première, à 50 mètres de distance et à 15 mètres en contre-bas de l'entrée de Peak-Cavern, sort d'un joint de strates encombré de gravier (A du plan); son volume, son altitude, sa limpidité et sa température (+ 8° C.) suffisent à prouver qu'elle est la réapparition du ruisseau souterrain qui se perd dans le milieu de la caverne, au pied de la grande descente, à 400 mètres de distance environ et seulement 2 ou 3 mètres plus haut. Je n'ai aucun doute sur cette communication évidente. La pente de la partie inconnue du courant souterrain (qui s'écoule sans doute, non pas dans une galerie de large section, mais simplement entre des *joints* de strates) est légèrement plus faible que celle de la partie

(*) Heywood's penny guide to Castleton, p. 8; Manchester, 1895.

visible (sur près de 300 mètres), entre les deux siphons de Peak-Cavern. La disposition est la même que dans quantité de cavernes servant ou ayant servi de réservoirs à une source voisine, par exemple la grotte d'Osselle (Doubs), près Besançon, et l'abîme du Mas-Raynal (Aveyron), où j'ai retrouvé la Sorgues, etc.

La deuxième source est 80 mètres plus loin sur la rive gauche du ruisseau formé par la première ; sous le chemin qui mène à la grotte, elle sort de la terre même (B du plan) parmi les herbes, beaucoup plus abondante, bien moins claire et sensiblement moins fraîche, à la température de 9°,3 ; il résulte de ces trois particularités qu'elle ne vient pas de Peak-Cavern. Son origine est inconnue.

Ainsi grossie, la Peak's-Hole-Water s'augmente encore sur sa rive droite, cette fois, de la troisième source (C du plan), la plus abondante ; elle jaillit avec violence, comme source de fond, pareille à Font-Polémie du Lot, d'un bassin où on l'a captée. De même que la deuxième, elle est à 9°,3 et pas très limpide. Les orages des jours précédents l'ont certainement troublée. On la nomme *Russet-Well* (puits Russet), et on affirme que, débitant en moyenne 4.000 gallons par minute (18.173 litres), elle n'a jamais cessé de couler et d'alimenter Castleton depuis des siècles.

Or, dans la mine de Coalpitmine-Hole, à 1 kilomètre ouest de Perryfoot, une rivière souterraine trouvée, à 40 fathoms (73 mètres) de profondeur, a servi à épuiser toutes les eaux de la mine. Cette rivière contenait du gravier, et il y a quelques années on a remarqué que les travaux de la mine troublaient le Russet-Well, distant de 6 kilomètres à l'est. De même, on a vu souvent les crues chasser hors de Peak-Cavern des grit-stones (grès), que l'on ne rencontre qu'autour d'Eldon-Hole (à 4' kilomètres ouest). « La circulation des eaux souterraines a, d'ailleurs, subi beaucoup de changements depuis cent cinquante ans,

du fait des exploitations minières » (Geology of North Derbyshire, p. 100 et 131).

Il semble donc bien établi que l'eau de Peak-Cavern vient de Perryfoot, et celle de Russet-Well, de Coal-Pitmine.

Mais leurs différences, assez inexplicables, de température et de limpidité, prouvent, d'autre part, que, tout en restant fort voisines dans leurs parcours souterrains, elles ne se mêlent cependant pas.

Il est bien probable que la convergence, à Castleton, de ces trois afflux d'eau a considérablement influé sur le creusement de la ravine étroite, au fond de laquelle s'ouvre la grotte ; on remarque, en face de la deuxième source, sur la rive droite du ruisseau, une immense crevasse qui a détaché une partie de la falaise du château de Péveril ; comme aux sorties de Bramabiau (Gard), de Vaucluse, de la Piuka à Planina (Carniole), le vestibule de la caverne devait s'étendre sans doute beaucoup plus en aval jadis : les éboulements successifs, provoqués par l'action des eaux, l'ont fait reculer à sa place actuelle, et la ravine de Castleton marque bien probablement l'emplacement d'une voûte de la grotte effondrée.

Géologiquement, cette gorge est tout à fait remarquable.

Speedwell-Mine. — La seconde grande caverne de Castleton est la *Speedwell-Mine*, dont l'entrée se trouve à 950 mètres à l'ouest de Peak-Cavern et 75 mètres plus haut (altitude, 265 mètres, au lieu de 190). Voici comment on la décrit aux visiteurs.

Pendant onze ans, et au prix de 14.000 livres sterling (350.000 francs), une galerie de mine avait été, il y a environ un siècle (*), creusée pour la recherche du

(*) En 1777, on avait creusé 500 yards (BRAY, *op. cit.*, p. 218), et, en 1789, le travail était presque achevé (PILKINGTON, *View of the present state of Derbyshire*, 1789, p. 126).

mineral de plomb ; elle est en droite ligne vers le Sud, et rencontra seulement des filons si peu importants et si peu nombreux que les travaux furent abandonnés ; mais ils avaient recoupé au bout de 750 yards (685 mètres) un effroyable abîme, dont la voûte et le fond sont *complètement invisibles*, ce qui ne l'empêche pas, à 27 mètres de profondeur, de se terminer par un bassin d'eau « stygienne » ; ce bassin est nommé le « puits sans fond », parce qu'il a englouti 40.000 tonnes de déblais, extraits du prolongement à 600 yards plus loin de l'infructueuse galerie de recherches (*). On prétend que le bassin est à près de 280 yards (256 mètres) au-dessous de la surface du sol, et que des fusées de force suffisante pour s'élever à 450 pieds (137 mètres) ont été lancées sans pouvoir atteindre la voûte (soit à 164 mètres au-dessus du bassin).

Les eaux d'infiltration ont transformé la galerie de recherches en un canal navigable (*the level*, le niveau), profond de 1 mètre environ et large de 2^m,10, par où l'on conduit les touristes en bateau jusqu'à la crevasse.

Celle-ci débite, après les pluies, beaucoup d'eau, qui est absorbée, comme le trop-plein du canal, par le puits sans fond ; en travers de ce dernier, sur une solide plate-forme, on fait débarquer les visiteurs, pour leur montrer, à l'aide de bougies allumées assez haut, les grandes dimensions de la caverne. Une vanne mobile leur procure même le spectacle d'une bruyante cascade souterraine qu'on précipite à volonté dans le *puits sans fond*.

En fait, on pénètre ici sous terre par une entrée artificielle et, après une descente de 20 mètres le long d'un escalier d'une centaine de marches, on s'embarque sur le canal ; la très lente navigation est assez désagréable

*. *Geology of North-Derbyshire*, p. 129 ; — MAWE, *op. cit.*, p. 49 ; — FAREY, *op. cit.*, p. 267.

dans l'étroit boyau où l'on doit souvent baisser la tête ; car il n'a pas partout la hauteur de 3 mètres qu'on lui attribue ; le nautonnier fait avancer l'esquif avec ses mains en les appuyant contre la muraille, et de fumeuses chandelles empestent l'atmosphère confinée.

L'altitude est d'environ 245 mètres (*), et la « Grande-Salle », ou *Devil's Hall*, comme on l'appelle, est tout simplement, de même que Victoria-Cave, un immense aven (nommé le *New-Rake*) caché dans les entrailles de la terre et qui ne se manifeste point au dehors ; véritablement grandiose avec ses 10 mètres environ de diamètre, ses parois rongées par l'eau, et sa haute envolée dans le vide noir, cette cheminée est un colossal drain naturel (**), légèrement incliné de l'ouest à l'est, dont les eaux remplissent le *level* en temps de pluies ; le bassin du fond ne m'a pas paru aussi bas que les 27 mètres prétendus, je n'y suis point descendu, car il est fermé de toutes parts ; c'est un siphon bien large et bien profond sans doute, puisqu'il n'a pas pu être engorgé par les déblais qu'on y a jetés, et que le poids de l'eau assurément aura entraînés plus loin, vers Peak-Cavern, dit-on. Je le croirais volontiers, car la température de l'eau du *level* et du ruisselet qui tombe de l'aven est de 8° C., exactement comme à Victoria-Cave ; de plus, même en tenant pour exacte la profondeur du puits sans fond, l'altitude de son bassin est de 218 mètres, c'est-à-dire supérieure de 20 mètres au moins à celle du siphon non vérifié de Victoria-Cave. (V. *suprà*), distant de 700 à 800 mètres seulement. Cela

(*) L'altitude de 700 pieds (243^m,5), donnée dans *Geology of North-Derbyshire*, p. 229, n'est conforme ni aux courbes de la carte au 10.560^e, ni à mes observations barométriques.

(**) Ces cheminées se nomment en anglais *Rakes*, quand elles ont de grandes dimensions : *Scrins*, quand elles sont petites (*Geology of North-Derbyshire*, p. 121).

donne une pente de 2 1/2 p. 100, qui est amplement suffisante. Je crois à cette communication (*).

Mais il est inexact de dire que le terrain au-dessus du bassin a 256 mètres d'épaisseur; tout au plus y en a-t-il 180, car, d'après les courbes de la carte au 10.560°, l'altitude de la surface ne saurait dépasser beaucoup 400 mètres (**). Quant à la hauteur totale de la fissure, il est impossible de l'apprécier : la voûte est *positivement invisible*; l'expérience des fusées est puérile et ne peut rien prouver; elles ont dû s'arrêter en route contre quelque saillie de roches, parce que la forme intérieure est très irrégulière et ne permettrait même pas une mesure à la montgolfière. Néanmoins, je ne saurais arguer de faux l'élévation supposée de 164 mètres, puisque telle est la profondeur *verticale absolue* où je suis descendu moi-même dans une fissure analogue, mais ouverte au jour, l'étonnant abîme de Jean-Nouveau, en Vaucluse, que j'ai déjà cité tant de fois. Mais, si cette hauteur est exacte pour la Grande-Caverne de la Speedwell-Mine, il s'en faut de bien peu alors que la surface même du plateau ne soit atteinte par elle. La coupe *fig. 2*, Pl. II, fera comprendre tout ce que je viens de dire.

Elle explique les positions relatives et la théorie des communications supposées entre les trois cavernes de Castleton, dont la dernière nous reste à décrire.

Blue-John-Mine. — Cette troisième caverne est la *Blue-John-Mine*, à 900 mètres au nord-ouest de la Speedwell-Mine, d'où l'on peut s'y rendre soit en voiture, par la grande route, soit à pied, par le très pittoresque défilé

(*) Elle serait invraisemblable, si le level était réellement à 213^m.50, car le puits sans fond, à 186 mètres, se trouverait alors plus bas placé que Peak-Cavern.

(**) 1.300 à 1.400 pieds (396^m.5 à 427), d'après The Geology of North-
Derbyshire. p. 129.

rocheux des *Winnats*, une curiosité des environs de Castleton.

La Blue-John-Mine est le gisement célèbre d'une substance dont les dépôts exploitables par grandes masses sont fort rares (*), la *fluorine*. Le tournage de cette pierre fragile, aux jolies transparences bleues, violettes ou rosées, est la principale industrie de Castleton, Buxton, et de leurs environs (**). On en fait des vases et bibelots d'ornement. On prétend même que les précieux vases *murrhins* dont parle Pline étaient en fluorine. D'ailleurs, les Romains ont connu et exploité les gisements plombifères de la région. L'*Odin-Mine*, toute voisine, a été creusée avant l'introduction du christianisme, pour l'extraction du plomb argentifère, qu'on y exploite encore de nos jours (***).

D'après la brochure descriptive de W. Royse, qui se vend à l'entrée de la Blue-John-Mine, il paraîtrait que les cavités naturelles s'y ramifient et s'y étendent fort loin (sur 5 kilomètres de développement??), et qu'un certain lord Musgrave (ou Mulgrave) aurait jadis passé trois jours entiers, avec plusieurs ouvriers, à en explorer les diverses parties sans voir la fin.

Bien que je n'aie pas pu, faute de temps, visiter ces souterrains en détail, comme je l'eusse désiré, je les ai suffisamment examinés pour me rendre compte que cette brochure est (comme toutes les descriptions que j'ai lues de la Blue-John Mine) pleine de confusions, d'inexactitudes et d'exagérations, pour me convaincre aussi qu'il reste à exécuter là une des plus curieuses investigations de cavernes de toute l'Angleterre : non seulement le plan

(*) TAYLOR (cité par le guide MURRAY, Derbyshire, p. 56; Londres, 1892) prétend même que Blue-John-Mine en serait la seule exploitation, mais FAREY (*op. cit.*, p. 460) nomme une dizaine de mines où l'on trouve de la fluorine.

(**) JANNETAZ, Diamants et pierres précieuses, p. 337; Paris, Rothschild, 1884.

(***) FAREY, General view of Derbyshire, p. 271.

n'en a pas été levé, non seulement bien des parties y sont toujours inconnues, mais encore la Blue-John-Mine réserve aux géologues un admirable champ d'observations, pour l'étude exacte des rapports entre les filons métallifères, les fissures du sol et les eaux souterraines.

L'entrée est entièrement artificielle : galerie horizontale pendant 5 à 6 mètres (A, *fig.* 3 et 4, Pl. III), elle se continue par un escalier qui débouche au bout de quelques marches dans une fissure verticale naturelle C, autour de laquelle les degrés descendent d'environ 25 mètres (*).

Puis, une galerie en pente très douce (*the ladies' walk*), la promenade des dames, mais de petites dimensions, conduit au premier grand aven intérieur, la *caverne cristallisée* (E), tout étincelante de cristaux de spath-fluor.

Son sol se trouve à 355 mètres d'altitude, c'est-à-dire à 30 mètres seulement en dessous de l'entrée. Sa voûte ne peut donc pas avoir 250 pieds (76 mètres) de hauteur, comme le dit le guide Baddeley (Peak-District, p. 95) ; une autre estimation à 30 mètres est plus près de la vérité. Un nouvel escalier, au-dessus duquel le plafond s'abaisse fortement, mène à un second aven (F) non moins orné, nommé la *caverne des stalactites* (altitude, 345 mètres). De tous côtés s'ouvrent de nombreuses ramifications, où j'ai eu le déplaisir de ne pouvoir errer à ma guise. La descente continue, très commodément arrangée, jusqu'à un troisième relèvement des voûtes (la salle à manger de lord Musgrave G), au bout duquel une fissure à main gauche laisse échapper un ruisseaulet (H), la première eau que l'on rencontre, tout ce qui précède étant sec (au moins en été) ; cette eau, à 7°,2 C., est encore plus froide que celle de Peak-Cavern, ayant sans doute son origine à une plus grande altitude. Quelques mètres plus

(*) Et non de 55, comme le dit MAWE (p. 74).

loin, il faut s'arrêter sous un quatrième dôme, contre une barrière de bois qui empêche de tomber dans un *gouffre* ; d'après les explications du guide on est ici à 90 mètres sous terre et à 450 mètres de l'orifice et, au-delà du *précipice*, la grotte se prolonge pendant 1.200 mètres !

En réalité, le baromètre ne donne à la barrière que 60 mètres de descente (altitude, 325 mètres), et j'ai estimé la distance à 300 mètres tout au plus. Là s'arrêtent tous les visiteurs, auxquels l'accès du surplus de la grotte est interdit par un propriétaire assez jaloux de sa double exploitation de fluorine et de touristes ; non sans peine, j'obtiens du gardien qu'il me laisse passer sous la balustrade de la barrière, et je descends le plus aisément du monde dans le prétendu gouffre ; comme le montre ma coupe, il n'y a pas d'à-pic : simplement un éboulis de pierres et de gros blocs (J), entre lesquels murmure le frais ruisselet.

En m'aidant un peu des mains, je m'abaisse de 30 mètres, le long de cet escalier naturel, jusqu'à l'altitude de 295 mètres, et là, sous un cinquième dôme (K), moins élevé que les précédents, je vois le courant d'eau s'engouffrer tout entier dans un trou cylindrique (L), qui m'a paru *creusé à même la roche en place* et large de 60 à 80 centimètres (à 60 ou 80 mètres de la barrière tout au plus, et non à 180 mètres, comme l'a dit l'opuscule de Royse). S'y engager est chose impraticable : l'eau occupe presque toute la section ; a-t-on jamais essayé d'y descendre après une sécheresse ? Il m'a été impossible de le savoir. Au lieu des siphons des Causses et du Karst, on se voit ici en face d'un véritable puits d'absorption comme ceux des Katavothres du Péloponèse (Taka, le Dragon, Verzova, etc. ; V. Les Abîmes, chap. xviii). Peut-être l'ouverture annulaire n'est-elle que le sommet d'un aven inférieur conduisant à un autre étage de cavités. Cela serait bien curieux à vérifier. Où va cette eau ? On l'ignore.

Bien que plus basse de 50 mètres, la Grande Caverne de la Speedwell-Mine n'est pas du tout dans sa direction, et le suintement qu'elle débite n'a pas la même température, ni un aussi fort volume que le courant de Blue-John-Mine (*).

Car il faut dire que, avant de disparaître dans son puits, le ruisseau que je viens de suivre s'est réuni à un deuxième, beaucoup plus abondant, venant d'une autre galerie qui s'élève à main gauche vers l'Ouest ; pendant 100 mètres environ je remonte cette galerie (M), assez abrupte, en escaladant les blocs qui l'encombrent, jusqu'à l'altitude de 325 mètres, qui est celle de la barrière dans l'autre galerie ; c'est sans doute l'une des nombreuses ramifications parcourues par lord Musgrave et ses gens ; je m'y arrête, au pied d'un escarpement (N) impossible à franchir sans aide ; mais la voûte s'élève toujours, et il est probable que par là on peut accomplir le circuit dont parle fort peu intelligiblement la brochure descriptive, et qui permet de rejoindre un des grands avens de la galerie principale.

Je n'ai pas songé à entreprendre ce parcours tout seul, et j'ai dû, à mon vif regret, renoncer à une investigation plus complète.

J'en ai vu assez cependant à Blue-John-Mine pour m'expliquer son fonctionnement hydrologique et dresser le croquis ci-joint ; ce plan et cette coupe, hâtivement relevés, sont absolument incomplets et approximatifs, schématiques en quelque sorte, mais ils suffisent à donner idée de cette très étrange excavation ; les mesures barométriques seules y présentent quelque exactitude. En réalité, la Blue-John-Mine est un labyrinthe de cavernes,

(*) Il paraît que l'Odin-Mine, située plus bas et à une petite distance (450 mètres), laisse échapper un ruisseau souterrain. Je serais porté à croire que c'est celui de la Blue-John-Mine.

une superposition et juxtaposition de grandes crevasses verticales et de galeries inclinées ; l'eau du plateau tourbeux drainé par ce réseau paraît converger et s'engloutir en un point unique, au plus profond du souterrain, à 90 mètres plus bas que l'entrée. Y a-t-il d'autres absorptions analogues dans le surplus de la mine ? — L'affirmative semble résulter des découvertes de nouveaux dômes, galeries, lacs et ruisseaux effectuées par les mineurs en 1877, 1880, 1886 et 1891, mais qui n'ont jamais été scientifiquement contrôlées, et dont la visite est rigoureusement défendue.

Quelle est leur extension véritable ? C'est ce qu'apprendrait l'étude complète de ces très remarquables cavités.

A 50 mètres au nord-est de l'entrée, un effondrement superficiel du terrain dénote quelque affaissement de voûte intérieure ; il est justement situé entre les deux branches que j'ai pu inspecter.

C'est en cherchant la galène, comme à Speedwell, que les Romains, dit-on, sur les croupes des *Tray-Chiffs*, à l'altitude d'environ 385 mètres, au pied de l'escarpement du Mam-Tor, ont rencontré cet extraordinaire labyrinthe de fissures naturelles, tout ce réseau d'*arens* intérieurs, réunis à leur base par des couloirs plus ou moins inclinés et reproduisant la disposition si curieuse des Baumes-Chaudes, dans la Lozère ; plusieurs de ces grandes fissures sont intérieurement revêtues de haut en bas de stalactites de ce spath-fluor, qui a rempli, en outre, quantité de petites crevasses du calcaire, d'où on l'extrait encore fructueusement de nos jours ; l'aspect miroitant de ces cristaux est, grâce à leurs couleurs variées, aussi séduisant que les plus riches concrétions de calcite et, de ce chef, la Blue-John-Mine est véritablement la grande attraction de Castleton. Là, au moins, on peut contempler un spectacle original et nouveau, plus joli certes que l'intérieur de Peak-Cavern. L'extraction se fait surtout en hiver. La valeur actuelle de ce fluorure varie de 300 à

20.000 francs la tonne, selon la taille et la qualité (en moyenne 1.000 francs).

Il serait particulièrement intéressant de rechercher à Blue-John-Mine l'origine précise et le mode de dépôt des revêtements de fluorine stalactiforme des grands dômes. Cela n'a pas encore été fait avec détail, et je ne puis formuler à ce sujet que quelques indications.

Pour l'origine du fluorure de calcium, d'abord, on s'est demandé s'il fallait la chercher dans des émanations géothermiques profondes, ou bien dans des phénomènes de dépôts et de concrétions dus à l'infiltration d'eaux superficielles chargées de fluor, ou encore dans des exsudations de la roche encaissante (hypothèse de la sécrétion latérale, de Farey et de Will. Wallace)?

Les meilleurs auteurs sont partisans de l'origine profonde et métallifère : « Des filons formés, à peu près entièrement, par une ou plusieurs de ces gangues, quartz, barytine ou fluorine, doivent être assimilés aux filons métallifères proprement dits, quant à leur mode de formation » (Daubrée, *Géologie expérimentale*, p. 25).

« Le gisement habituel de la fluorine est la gangue de certains filons métallifères; souvent les filons d'étain, mais surtout les filons de quartz plombifère, parfois accompagnés de barytine, qui ont été si nombreux dans l'Europe centrale pendant le trias et l'infralias » (Fuchs et De Launay, *Gîtes minéraux*, t. I, p. 308 et 614-617; Paris, Baudry, 1893).

« La série des émissions anciennes du Beaujolais est close par de grands filons de quartz avec fluorine et barytine, qui remplissent des failles importantes et sont d'âge triasique et liasique » (De Lapparent, *Traité de Géologie*, 3^e édit., p. 1437).

De plus, il est presque universellement admis aujourd'hui qu'il y a une liaison intime entre les phénomènes filoniens et la sortie des roches éruptives.

Or, non seulement le dépôt de fluorine de Blue-John-Mine, bien que non plombifère lui-même, est très voisin de veines de plomb exploitées avec plus ou moins d'insuccès à Odin-Mine, Speedwell-Mine, etc., ci-dessus mentionnées, mais encore toute la formation carbonifère du Peak est bouleversée en profondeur par trois injections d'une roche éruptive spéciale et imperméable, de nature trappéenne ou porphyritique, le *toadstone*, sur laquelle on a longuement disserté (*). Il semble donc difficile de ne pas croire à la provenance toute souterraine du spath-fluor dans cette région.

Les adversaires de cette idée l'ont combattue en disant qu'elle ne permet pas d'expliquer comment le carbonate de chaux de la Kraus-Grotte, en Styrie, s'est substitué à du gypse, en lui empruntant sa forme de cristallisation ; comment, dans une mine de Laurium, se sont formées de vraies stalactites de calamine (carbonate de zinc) ; comment surtout le fluorure ne se rencontre plus à Blue-John-Mine au-dessous de 90 mètres de profondeur. Mais les accidents de la Kraus-Grotte et du Laurium sont des pseudomorphoses dues à l'acide carbonique des eaux d'infiltration ; quant à la disparition en profondeur, elle se retrouve dans beaucoup de filons, indubitablement injectés de bas en haut : et « ce résultat ne doit pas étonner... parce que les précipitations ont été vraisemblablement déterminées soit par la diminution de la température et de la pression, soit par le conflit avec les infiltrations descendantes. Elles constituent donc un phénomène relativement superficiel » (De Lapparent, *Traité de Géologie*, 3^e éd., p. 1505).

(*) V. les ouvrages cités dans la liste bibliographique ci-après : *Geol. of North-Derbyshire*, p. 123 ; — LECORNU, *op. cit.*, p. 19 et 37 ; — VON GRODECK, *op. cit.*, p. 332 ; — VON COTTA, *op. cit.*, p. 223 ; — DUFRÉNOY ET DE BEAUMONT, *op. cit.*, t. II, p. 515 et s. ; — FAREY, *op. cit.*, p. 238 et s., p. 277 et s. — MAWE, *op. cit.*, p. 38 et s.

Ce qui me paraît indiscutable à Blue-John-Mine, c'est le remaniement, la *remise en mouvement* du fluorure par les eaux d'infiltration *après* sa précipitation ; les trois preuves suivantes en font foi :

1° L'absorption et la circulation *actuelles* des eaux infiltrées qui forment dans la caverne de vrais ruisseaux souterrains. On sait, d'ailleurs, combien les eaux souterraines aiment à côtoyer les filons, qui ont utilisé eux-mêmes les fractures du sol, et dont les gangues sont souvent délitables ;

2° La forme en *éteignoir* des *dômes*, ou *pipes* (expansion irrégulière des *rakes*), plus larges en bas qu'en haut, exactement comme les *abîmes* creusés, aux dépens des diaclases, par des courants superficiels engloutis ; l'action des eaux descendantes est, de ce chef, indéniable :

3° Les aspects divers de la fluorine elle-même : d'une part, en effet, on la voit par places pendre aux voûtes en véritables stalactites, que la chute et l'évaporation de suintements d'eau fluatée ont seules pu produire ; d'autre part, le fluorure de calcium se présente de différentes manières à Blue-John-Mine, tantôt en couches horizontales, entre deux lits, l'un d'argile, l'autre de barytine ; tantôt en géodes ; tantôt entourant un noyau calcaire ; tantôt irrégulièrement distribué dans des fissures verticales ; tantôt en blocs isolés dans l'argile (comme celui dont on a fait le vase de Chatsworth (*), la plus grande pièce manufacturée de Blue-John). Mawe en énumère vingt-huit sortes dissemblables, et dit (p. 70) que « tous les morceaux semblent avoir adhéré à quelque chose dont ils ont été séparés ensuite ».

Il est bien certain que les morceaux ainsi empâtés dans

(*) Château du duc de Devonshire, à 20 kilomètres sud-est de Castleton. Sur les traces d'exploitation romaine, V. *Geology of North-Derbyshire*, p. 118. Sur le Blue-John, V. *id.*, p. 161 ; — FERBER, *Oryctographie*, p. 59 ; — MAWE, *op. cit.*, p. 38 et 69-82.

l'argile ne sont plus *in situ* : ils auront été arrachés de leur place primitive et mêlés avec l'argile. Les eaux seules ont pu opérer ce transport.

Je crois donc que la Blue-John-Mine a primitivement reçu, dans ses cassures préexistantes, le dépôt de la fluorine émanée des profondeurs du globe, conjointement avec le toadstone et les filons de plomb du voisinage, et qu'ensuite des infiltrations (*), plus abondantes sans doute que celles de nos jours, auront de haut en bas remanié et bouleversé ce dépôt, tandis qu'elles agrandissaient en cavernes et abîmes les fissures où il s'était effectué (**).

Mais il paraît impossible de savoir au juste si ces eaux de remaniement ont emporté du minerai de plomb en ne laissant subsister que sa gangue (au moins pour partie), ou si, au contraire, les fentes de Blue-John-Mine n'ont jamais reçu d'autres émanations que celles de la fluorine et de la barytine (***).

On voit, en somme, que l'exploration complète et raisonnée de Blue-John-Mine serait d'un haut intérêt pour les géologues et les minéralogistes, en raison des complexes relations qui s'y sont manifestées entre les fissures

(*) Au contraire, les auteurs de la *Geology of North-Derbyshire* supposent que les *pipes* ont été formées originairement par l'action de l'eau ; que, celle-ci ayant trouvé une autre issue, la pipe s'est remplie, au moins partiellement, de minéral ; mais que, dans bien des cas, l'eau revenant dans son ancien canal, le contenu minéral fut sapé à sa base et dut s'ébouler en masse confuse (*op. cit.*, p. 122). — Il me paraît inutile d'imaginer ainsi trois phases dans le rôle de l'eau ; la première et la seconde n'ont pas dû se produire. Boyd-Dawkins (*Cave-Hunting*, p. 57) dit aussi que les filons ont rempli des cavités formées par l'eau courante.

(**) FAREY (*op. cit.*, p. 264, 258, 261) cite d'autres mines plombières du Derbyshire où l'on a rencontré des cavernes naturelles : Orchard-Pipe, à Winster ; Placket-Pipe, *ibid.* ; Golcunda-Pipe, près Hopton ; Knowle's on Mason-Hill, à Matlock ; Merlin's Mine, à Eyam ; Bagshaw-Cavern, à Bradwell ; etc., etc.

(***) MAWE (*op. cit.*, p. 72) dit cependant que, dans la terre de la caverne, se rencontrent des nodules de minerais de plomb, appelés minerais *pomme de terre*.

naturelles du sol, les filons métallifères et les eaux souterraines d'infiltration.

Telles sont les observations que j'ai faites dans les trois principales cavernes de Castleton ; elles n'ont pas été suffisamment approfondies, et il y reste encore bien des recherches à exécuter. Il doit en être de même dans toutes les autres grottes et pertes des environs, qui attendent, de la part des spéléologues anglais, des investigations perfectionnées, comme celles exécutées, depuis dix ans, en Autriche et en France.

LISTE CHRONOLOGIQUE

DES PRINCIPAUX OUVRAGES ET MÉMOIRES

CONTENANT DES INFORMATIONS

MUR

LES CAVERNES, MINES ET EAUX SOUTERRAINES DU DERBYSHIRE

1734. — D^r SHORT, The natural... history of mineral Waters of Derbyshire ; in-4°, Londres.

1772. — J.-L. LLOYD and KING, An account of Elden Hole, *Philosophical transactions of the Royal Society*, t. LXI, p. 250.

1776. — J.-J. FERBER, Versuch einer oryctographie von Derbyshire ; in-8°, Mytau (et Paris, 1790).

1783. — W. BRAY, Sketch of a tour into Derbyshire and Yorkshire ; in-8°, Londres, 2^e édit., 402 p. (1^{re} édit. en 1777).

1789. — J. PILKINGTON, A view of the present state of Derbyshire ; 2 vol. in-8°, 2^e édit. en 1803.

1795. — AIKIN, Description of the Country 20 to 40 miles round Manchester ; Londres, in-4°.

1797. — FAUJAS DE SAINT-FOND, Voyage en Angleterre ; in-8°, 2 vol., Paris.

1802. — J. MAWE, The mineralogy and geology of Derbyshire ; in-8°, Londres.

1806. — W. CAMDEN, Britannia ; Londres, in-f°.

1811-1815. — J. FAREY, A general View of the agriculture and minerals of Derbyshire; Londres, in-8°.

1822. — CONYBEARE and PHILLIPS, Outlines of the geology of England and Wales; Londres, in-8°.

1826. — DUFRÉNOY et DE BEAUMONT, Mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire; *Annales des Mines*, t. XII, p. 339.

1827. — DUFRÉNOY et DE BEAUMONT, Voyage métallurgique en Angleterre; in-8°, Paris; 2^e édit., 1836-1837.

1830. — AINSWORTH, On the caverns of the N. E. district of the High-Peak; *Edinburgh Journal nat. geogr. science*, t. II, p. 168.

1842. — DAUBENY, On the occurrence of fluorine in Bones; *Philosophical Magazine*, 3^e série, t. XXV, p. 122.

1845. — ALSOP, On the toadstones of Derbyshire; *Rep. of the Brit. assoc. for Advanc. of Science*, p. 51.

1852. — (ANONYME), Caves and Mines of the Earth; Londres, *Religious Tract Society*, in-12.

1854. — ROBERTSON, A handbook to the Peak of Derbyshire; Londres, in-8°.

1859. — YATES (J.), On the mining operations of the Romans in Britain; *Proceed. of the Somerset Archeology. and Natur. Hist. Soc.*, vol. XVIII.

1862. — TAYLOR (J.), Geology of Castleton; *Transactions of the Manchester geological Society*, vol. III, p. 73, et *Geologist*, vol. V, p. 86-89.

1872. — RAMSAY, The river courses of England and Wales; *Quarterly Journal of the geolog. Soc.*, vol. XXVIII, p. 148.

1873. — (ANONYME), Peveril of the Peak, a handbook; Buxton.

1874. — ALPORT, Description du Toadstone; *Quarterly journal of the geolog. Soc.*, vol. XXX, p. 551.

1876. — MELLO, Hand-Book to the geology of Derbyshire; in-8°, Londres.

1877. — B. VON COTTA, Die Lehre von den Erzlagertstätten; Freiberg, in-8°.

1878. — COX, Tourist guide to Derbyshire; Londres, in-8°.

1879. — LECORNU, Mémoire sur le calcaire carbonifère et les filons de plomb du Derbyshire; *Annales des Mines*, 7^e série, t. XV, p. 1.

1879. — TAYLOR, The Derbyshire-Caverns, *Science gossip*; n° 176, p. 173.

1880. — DAWKINS (BOYD), Early man in Britain; Londres, in-8°.

1880. — STOKES, Lead and Lead mining in Derbyshire; *Transactions of the Chesterfield and Derbyshire institution Engin.*, t. VIII, p. 60 (continué *ibid.* en 1882, t. IX, p. 360).

1882. — DE RANCE, The water supply of England and Wales; Londres, in-8°.

1887. — DAWKINS (BOYD), Geography of Britain in the carboniferous period; *Transac. of the Manchester geological Soc.*, t. XIX, p. 37-58.

1884. — VON GRODDECK, Traité des gîtes métallifères (trad. Kuss); Paris, Dunod, in-8°.

1887. — GREEN, LE NEVE FOSTER, DAKYNS et STRAHAN, The geology of North-Derbyshire; *Memoirs of the geological Survey*; Londres, Eyre et Spottiswoode, 212 p. et pl. et bibliographie de 16 p. (293 articles).

1887. — WHITAKER, Thirteenth Report of the Committee for investigating the circulation of underground waters. — Avec une bibliographie (p. 383 et 414) chronologique des ouvrages relatifs aux eaux souterraines d'Angleterre et des Galles, depuis 1656. — (Congrès de Manchester de la British Associat. for advancement of science.) — Londres, Murray, 1887. Ces reports, publiés depuis 1875 dans chaque *compte rendu annuel* des sessions de la Brit. Assoc. s'occupent surtout des résultats fournis par le fonçage des puits.

1892. — MURRAY, Handbook of Derbyshire; Londres, in-12.

1894. — BADDELEY, The Peak district, thorough guide; Londres, Dulau, in-12.

1895. — HEYWOOD, Penny guide to Castleton; Manchester, in-12.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Premières études relatives aux cavernes.....	5
Bibliographie.....	7
Extension récente des explorations souterraines.....	8
En Autriche.....	8
En France. — Les Abîmes.....	8

PREMIÈRE PARTIE.

Origine et rôle des cavités souterraines.

Terrains caverneux.....	11
ORIGINE DES CAVERNES.....	11
Lithoclasses et joints.....	11
Rôle capital des fissures du sol.....	13
Cavernes indépendantes de la fissuration.....	14
Grottes d'explosion volcanique.....	15
Cavernes de glissement.....	16
Autres causes invoquées pour l'origine des cavernes.....	17
Rôle des failles.....	18
Action des eaux dans les cavernes.....	19
Origine des eaux souterraines.....	19
Infiltration et ruissellement.....	20
Eaux thermales. — Inaccessibilité de leurs canaux...	20
Réfutation de l'origine geysérienne des abîmes.....	21
Terra Rossa. — Décalcification.....	23
ÉTUDE DES EAUX DANS LES CAVERNES.....	23
Pénétration profonde par les abîmes.....	24
Trois causes d'arrêt au fond des abîmes.....	25
Érosion et corrosion. — Leur simultanéité.....	28
L'érosion domine dans les grottes marines.....	29
Preuves de la corrosion.....	31
Cupules et rainures. — Roches <i>mangées</i>	31
Amas d'argiles rouges.....	34
Dépôts extérieurs de tufs.....	34
Preuves de l'érosion.....	35
Décollements.....	35
Coupoles des voûtes.....	36

	Pages.
CIRCULATION DES EAUX DANS LES CAVERNES.....	36
Pénétration dans le sol.....	36
Suintement. — Absorption. — Entonnoirs. — Goules.	
— Abîmes.....	36, 37
Origine des abîmes.....	38
Creusement superficiel de haut en bas.....	39
Orgues géologiques.....	39
Effondrements.....	39
Théorie du jalonnement....	41
Cloups et dolines. — Confusions et controverses....	42
Kesselthäler et bassins fermés.....	45
Vallées inachevées.....	47
Rivière de Gort (Irlande).....	48
Sluggas.....	49
Vallées formées par des effondrements de cavernes.	50
Écoulement de l'eau à l'intérieur des terrains fissurés.....	54
Absence des <i>nappes</i> d'eau.....	54
Issues des eaux. — Sources.....	56
Siphons. — Sources vauclusiennes.....	56
Fausses sources.....	58
Rivières souterraines sans siphons.....	59
Sources intermittentes régulières (périodiques)....	59
Sources intermittentes irrégulières (temporaires)...	59
RECHERCHES DIVERSES A EFFECTUER.....	59

DEUXIÈME PARTIE.

Variations climatériques des cavernes.

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE	60
Anomalies observées	61
TEMPÉRATURE.....	62
Ses variations.....	62
Anomalies géothermiques des abîmes.....	62
ACIDE CARBONIQUE	63
VARIATIONS DU NIVEAU DES EAUX	64
Leur subordination aux précipitations atmosphériques....	65
Vitesse des rivières souterraines. — Colorations....	66
Activité de l'évaporation souterraine	67
Régularisation de l'infiltration par le reboisement ..	68
Trop-pleins et sources temporaires.....	69
La Bonnette et l'Oule (Lot).....	69

TROISIÈME PARTIE.

Les cavernes du Peak (Derbyshire) et leurs filons métallifères.

	Pages.
RELATION DES CAVITÉS NATURELLES AVEC LES FILONS.....	70
Données fournies par les abîmes.....	71
PEAK-CAVERN	72
Formation — Régime hydrologique	73
Recoupement d'un aven (Victoria-Cave).....	77
Sources de Peak-Cavern	80
Dissemblances de températures	80
SPREDWELL-MINE	82
Recoupement de filons et d'un abîme.....	83
Siphon absorbant.....	84
BLUE-JOHN-MINE	85
Gisement et exploitation de la fluorine.....	86
Circulation d'eaux souterraines.....	89
Origine de la fluorine.....	91
Toadstones éruptifs.....	92
Remise en mouvement par les eaux.....	93
Filons transformés en cavernes par l'infiltration.....	94
BIBLIOGRAPHIE DES CAVERNES ET MINES DU DERBYSHIRE.....	95

POMPES SANS PISTON

A

TRANSMISSION PNEUMATIQUE

Par M. DR MONTRICHARD, Inspecteur des forêts.

Introduction.

La suppression du piston solide dans les machines élévatoires est depuis longtemps l'objet des recherches des constructeurs. Ce piston est, en effet, un organe qui, par ses frottements, ceux de sa tige, par les fuites qui se produisent sur son périmètre, etc., absorbe beaucoup de travail.

Pour se rendre compte de l'importance de ces pertes, dans la pratique, il suffit d'ouvrir un catalogue de pompes alimentaires à action directe. Dans ces machines, la résistance du courant d'eau qui doit être refoulé dans la chaudière est sensiblement égale à la pression de la vapeur dans la même chaudière, et la vapeur agit à pleine pression. Cependant les sections du piston à vapeur et du piston à eau présentent les rapports minima suivants :

2,25 et au dessus pour les pompes du débit de 1 litre par seconde ;

2,00 et au dessus pour les pompes du débit de 2 litres par seconde ;

1,70 et au dessus pour les pompes du débit de 5 litres par seconde.

Ces rapports donnent assez approximativement les pertes imputables au mécanisme solide.

Les machines à air subissent des pertes de travail de même nature.

Dans son rapport au congrès de mécanique appliquée de 1889, M. William Donaldson estime que le travail de la machine motrice dépasse de 20 p. 100 environ celui de la compression de l'air, avec les grands compresseurs les mieux construits ; mais que cette perte est beaucoup plus importante avec les petits compresseurs, et que, si l'on tient compte des fuites, il faut majorer d'au moins 25 p. 100 le travail de compression pour évaluer la puissance minima de la machine motrice.

Pour tenir compte des pertes dues au piston à vapeur, il faut augmenter encore de 25 p. 100 le résultat précédent, et attribuer aux compresseurs les mieux établis le coefficient 1,56 comme rapport du travail dépensé par les pistons au travail qu'exigeraient des pistons parfaits ; et aux compresseurs ordinaires le coefficient 1,60.

Mais l'emploi de l'air comprimé implique l'usage d'une machine élévatoire. Il faut donc ajouter, aux pertes dues aux pistons du compresseur, celles provenant des pistons de cette seconde machine, ce qui donne les rapports suivants :

Pour les petites installations :	minimum,	$2,25 \times 1,60 = 3,60$
Pour les grandes	d°	minimum, $1,70 \times 1,56 = 2,65$

D'où l'on peut conclure que, dans les transmissions par l'air, les vices des pistons solides entraînent une dépense de travail au moins triple de celle qu'exigeraient des pistons parfaits, dans la plupart des cas, et peu inférieure à ce chiffre dans les grandes installations les plus soignées.

Ces considérations justifient les nombreuses tentatives faites par les constructeurs pour s'affranchir du piston solide.

Les essais dont nous présentons les résultats ont pour unique objet l'élévation des eaux. Commencés en 1888, ils ont porté sur des appareils, qui ont subi de nombreuses transformations, généralement dans le sens de la simplification, de sorte que la description des premiers dispositifs expérimentés serait sans intérêt. En dernier lieu, notre outillage se composait de deux compresseurs à mouvement elliptique mus à bras, d'un compresseur du même genre actionné par un moulin à vent, d'un compresseur à piston liquide actionné par la vapeur et des pompes sans piston représentées ci-après *fig. 1, 5 et 6*.

Le moulin à vent, qui fonctionne depuis 1891, élève à 16 mètres de hauteur l'eau d'un puits de 10 mètres de profondeur situé à 80 mètres du moulin.

Les machines à mouvement elliptique sont connues ; employées aujourd'hui dans plusieurs industries, elles ont été décrites par le *Génie Civil*, 21 avril 1888 et 10 février 1894, *l'Industrie Moderne*, 2 décembre 1888 et 1^{er} avril 1894, *la Revue Illustrée des Machines* (Armengaud) 1889, *le Portefeuille Économique des Machines*, janvier 1890 et novembre 1894, *la Revue technique de l'Exposition de 1889*, septième partie.

Les pompes sans piston peuvent, d'ailleurs, recevoir l'air comprimé d'un *compresseur quelconque* ; elles peuvent notamment être introduites dans une installation à air comprimé déjà existante ; leur description n'implique donc pas celle des compresseurs employés dans nos essais. C'est pourquoi nous limiterons aujourd'hui notre travail à un objet nettement circonscrit : *la pompe sans piston actionnée par l'air*.

Description des appareils.

Dans cet appareil, *fig. 1*, l'air, qui pénètre par la conduite M et s'échappe par la conduite N, agit direc-

tement sur le liquide pompé, qui est admis par le clapet A et émis par le clapet E.

Fig. 1.

Fig. 1.

La *distribution* d'air se fait par des soupapes M, N, actionnées par un flotteur F, qui, en montant, ferme la sou-

pape N et ouvre la soupape M, et, en descendant, ferme la soupape M et ouvre la soupape N. *C'est le flotteur seul qui ouvre les soupapes ; le courant d'air, au contraire tend à les maintenir fermées.* Il en résulte que ces soupapes ne fonctionnent que lorsque le va-et-vient de la surface liquide de part et d'autre du *niveau de flottaison* présente une amplitude suffisante pour que les poussées et les tractions du flotteur sur les soupapes puissent surmonter la résistance de l'air comprimé. Si nous supposons l'appareil plongé dans l'eau (*fig. 1*), l'eau pénètre spontanément dans l'appareil, chassant l'air par la soupape N ; le liquide monte au-dessus du niveau de flottaison F du flotteur ; la poussée ascendante qui en résulte soulève la soupape M, en même temps que la soupape N se ferme. Alors l'air comprimé pénètre dans l'appareil et refoule l'eau ; le liquide descendant au-dessous du niveau de flottaison F, le flotteur tire la soupape N et laisse tomber la soupape M ; l'air s'échappe, et l'eau pénètre de nouveau dans l'appareil, où se reproduisent les phases déjà décrites.

L'emploi d'un *réchauffeur* de l'air comprimé augmentera considérablement le rendement (*). Ce réchauffeur R, *fig. 2*, pourra être installé à un point quelconque de la conduite d'air comprimé.

Dans les puits profonds, on divisera la hauteur en échelons, *fig. 2*, s'alimentant les uns les autres.

Il faut prévoir que le débit d'un appareil ne sera pas strictement égal à celui de l'appareil voisin, d'où il résulte que la solidarité absolue des appareils aurait pour effet de suspendre la marche de l'un, au moment où l'autre passerait de l'admission à l'émission, ou inversement. On donnera à la marche des appareils toute l'élasticité nécessaire en prolongeant la conduite de refoulement de chaque

(*) Voir *Ann. des Mines*, 9^e série, t. V, p. 495.

appareil jusqu'au réservoir ouvert H (*fig. 2 et 3*), placé plus haut que l'appareil immédiatement supérieur. Lorsque le niveau s'élèvera dans ce réservoir, l'appareil alimenteur ralentira sa vitesse ou s'arrêtera par l'effet de la surcharge, tandis que l'admission s'accélèrera dans l'appareil alimenté, ou inversement, jusqu'à ce que le débit de tous les appareils devienne identique dans un temps donné.

L'appareil *fig. 1* peut être installé au-dessus de l'eau et fonctionner par aspiration, à condition que l'élévation ne dépasse pas la hauteur pratique d'environ 8 mètres au-dessus du niveau de l'eau à épuiser. La conduite d'aspiration doit être installée sur la conduite N, et, lorsque l'appareil est plein d'eau, la soupape M s'ouvre, la soupape N se ferme, et l'eau s'écoule par le clapet E. Si le dégorgeoir est assez bas pour que la surface liquide descende jusqu'à la limite inférieure de sa course, la soupape M se ferme, la soupape N s'ouvre de nouveau, et l'aspiration recommence.

Nous rappellerons ici que, si la limite pratique de l'élévation réalisable par aspiration est d'environ 8 mètres, le *maximum d'effet utile d'une machine travaillant par aspiration correspond à une raréfaction de $\frac{1}{3}$ d'atmosphère*, soit une élévation d'environ 6 mètres de hauteur d'eau (*).

L'eau élevée à 6 mètres de hauteur par aspiration, dans un premier appareil, peut être dirigée de même dans un second appareil, à 6 mètres plus haut, puis dans d'autres constituant un chapelet d'appareils fonctionnant tous par aspiration et s'alimentant les uns les autres.

Dans les puits profonds, ce système présenterait l'inconvénient de nécessiter de nombreux appareils. Mais il n'exige qu'une seule conduite d'air et n'entraîne pas de

(*) *Annales des Mines*, 9^e série, t. V, p. 506.

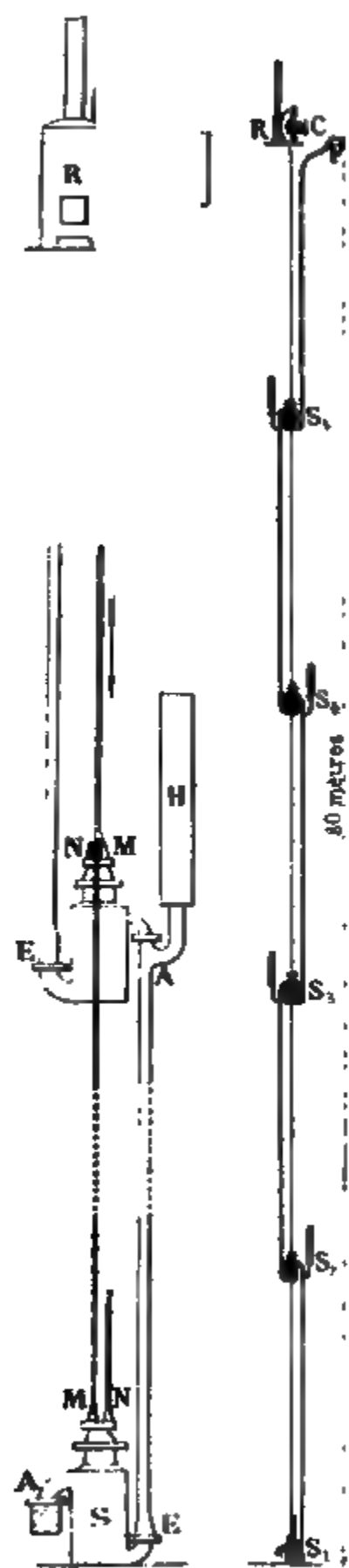


FIG. 2.

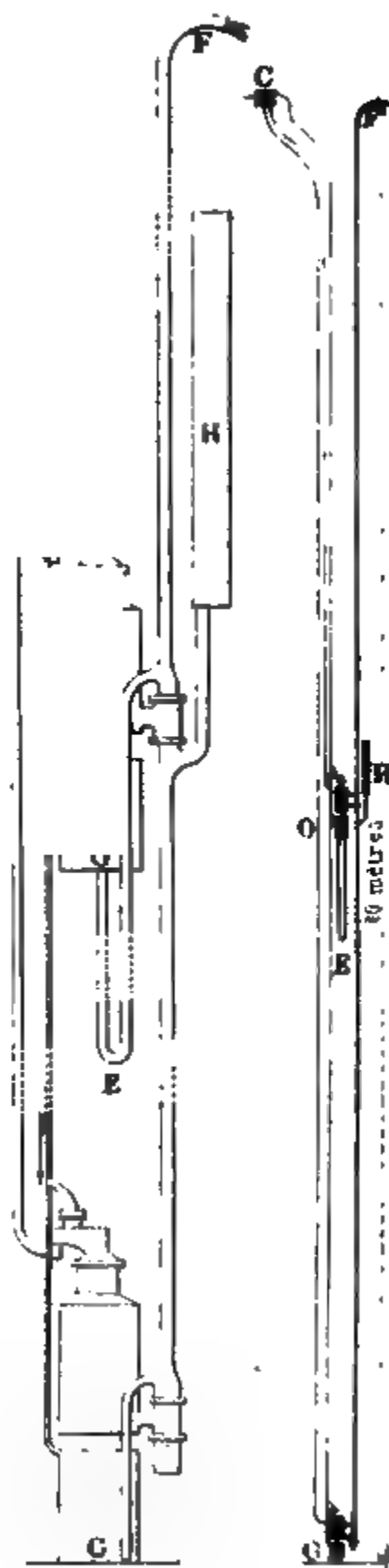


FIG. 3.

perte de détente, l'air entrant dans l'appareil à la pression atmosphérique et sortant de la machine à la même pression. Il trouverait donc sa place dans les transmissions à grande distance, pour faibles et moyennes élévations, en pleine campagne ou dans des galeries d'un accès facile, dont il serait utile de renouveler l'air.

L'emploi d'un appareil de ce genre formant relai nous a permis de construire *une pompe (fig. 4) qui aspire l'eau d'une profondeur de 15 mètres*. Cette pompe est munie de deux conduites : la plus grosse établit la communication avec le clapet E du relai, la plus petite l'établit avec la soupape N. L'une donne passage à l'eau ; l'autre à l'air, successivement. La conduite d'air doit être surmontée d'une soupape empêchant l'eau d'y pénétrer, ou doit former au-dessus de la pompe une boucle d'un développement suffisant pour atteindre le même but, car toute aspiration est supprimée si cette conduite se remplit d'eau, et l'eau tend à y jaillir par l'effet des pulsations qui se produisent entre un courant animé d'un mouvement continu et un piston animé d'un mouvement alternatif.

Lorsque les soupapes du distributeur sont soumises à de fortes pressions, il faut une force considérable pour les détacher de leur siège. Pour éviter un développement encombrant du flotteur, on le munit alors d'un *levier (fig. 5 et 6)*, qui augmente sa puissance dans la proportion nécessaire.

Le *flotteur* peut être composé de deux parties G, I, (*fig. 5*) reliées par une tige, la partie supérieure G au-dessus du niveau de flottaison F donnant la poussée ascendante, la partie inférieure I au-dessous du niveau de flottaison F donnant la traction descendante. L'éloignement de ces deux parties augmente l'amplitude du mouvement de la surface liquide et par conséquent le débit.

Dans les appareils où le flotteur agit directement sur les soupapes du distributeur, la *cOURSE du flotteur* n'est

que de quelques millimètres ; le jeu du distributeur est

FIG. 5.

donc rapide, et le choc du flotteur est suffisamment amorti

par la rondelle de caoutchouc qui garnit les soupapes ; mais, lorsque le flotteur est monté sur levier, sa course atteint plusieurs centimètres, et, si le choc est négligeable dans les petits appareils, il n'en sera pas de même dans les grands. Alors on interposera un ressort entre le levier et le flotteur ; ce ressort aura pour effet d'amortir le choc, et aussi de précipiter le mouvement du levier, attendu qu'il se détendra dans le sens utile au jeu des soupapes, dès que la soupape résistante sera détachée de son siège.

Les appareils *fig. 1* et *5* peuvent, comme le premier, fonctionner par *refoulement* ou par *aspiration*.

L'appareil *fig. 6* peut aussi fonctionner par aspiration et refoulement d'air combinés, et avec courant de *refoulement d'eau continu*. A cet effet, on y ajoute un récipient O, qui communique, d'une part, avec la conduite d'air comprimé M (*fig. 3* et *6*), d'autre part, avec la conduite de refoulement d'eau E. Lorsque le refoulement se produit, une partie de l'eau monte dans la conduite E ; une autre partie descend dans le réservoir O, qui se remplit. Lorsque la soupape M se ferme, le courant d'air comprimé passe dans le réservoir O et en refoule l'eau qui avait pénétré pendant la période précédente. — Enfin, la soupape M s'ouvre de nouveau, et les récipients O et R étant alors en communication directe par le côté eau et le côté air, le réservoir O se remplit d'eau, et l'air comprimé passe dans la pompe. Il y a donc courant continu dans la conduite d'air comprimé et dans celle de refoulement d'eau.

Le *réservoir* O sert, en outre, de magasin à l'air comprimé pendant la période d'aspiration, et la pression est limitée dans chaque appareil à la hauteur des colonnes d'eau refoulées EF, GH (*fig. 3*). Lorsque plusieurs appareils sont branchés sur la même conduite d'air comprimé, la limite de pression de tous les appareils est celle de la colonne d'eau la moins élevée GH.

Lorsque l'air, après son échappement, est ramené par

la conduite N au compresseur, sa détente profite à la machine motrice et lui rend une grande partie du travail de compression (fig. 3).

FIG. 6.

Si l'on désigne par p la pression maximum de l'air dans l'appareil ; par V le volume d'air qui produit une période

d'écoulement ; par r la capacité de la conduite de retour de l'air à la machine motrice ; par k le rapport 1,40 des chaleurs spécifiques à pression et à volume constants ; lorsque, la soupape N s'ouvrant, l'air s'est répandu dans la conduite de retour (nous négligeons la petite quantité d'air qui se trouvait encore dans la conduite de retour avant l'échappement), la pression tombe à :

$$p \left(\frac{V}{V + r} \right)^k.$$

si V est très grand et r très petit, le rapport $\frac{V}{V + r}$ est très voisin de 1, et la chute de pression très faible.

Le retour d'air a aussi pour conséquence de réduire notablement l'élévation de température produite par la compression, l'air à son entrée dans le compresseur étant déjà sous pression, au début à la pression $p \left(\frac{V}{V + r} \right)^k$, qui peut être très voisine de p et à la fin de la période seulement à la pression atmosphérique (ou à celle d'aspiration lorsque le premier appareil est hors de l'eau). L'abaissement de la température produit par la détente est faible aussi, pour les mêmes motifs. Il en résulte que l'écart entre la température de l'air comprimé et celle de l'air détendu est assez peu important pour que l'emploi d'un réchauffeur d'air soit sans objet (Voir ci-après le chapitre *Construction*).

Dans une installation avec aspiration et refoulement, l'air parcourt *un cycle fermé* ; mais il faut prévoir des pertes d'air par fuites, dissolution dans l'eau, etc. Pour combler ces pertes, il suffira d'une soupape d'*admission de l'air atmosphérique* I (*fig. 3*), réglée de manière à ne donner accès à l'air que sous l'effet d'une aspiration plus forte que celle qui est nécessaire pour remplir d'eau l'appareil. — Il en résulte que celui-ci se remplira d'eau,

et que l'air atmosphérique ne pénétrera dans le cycle que, lorsque, la soupape N étant fermée, il sera nécessaire d'envoyer encore de l'air dans l'appareil pour combler des déficits du côté du refoulement.

Les appareils à retour d'air ne peuvent être installés en chapelet qu'à la condition de posséder chacun une conduite de retour d'air particulière isolée des autres conduites par une soupape d'émission aussi voisine que possible de la machine motrice. Mais ils peuvent être commandés tous par la même conduite d'air comprimé (*fig. 3*).

En ce qui concerne les conduites d'eau, on adoptera la disposition déjà indiquée pour les appareils à courant intermittent. Mais on remarquera que l'air fourni aux réservoirs O n'est emprisonné que par les colonnes d'eau GH ou EF (*fig. 3*), de sorte que la pression de l'air ne dépassera pas celle de la plus petite des colonnes d'eau GH, EF, et qu'elle doit être au moins égale à la pression de la plus petite des colonnes d'eau OF, c'est-à-dire qu'on doit avoir :

$$OF < GH < EF.$$

Nous avons vu qu'on peut atteindre de grandes élévations d'eau avec de l'air comprimé à basse pression ; le problème inverse peut se présenter : *introduire dans une installation d'air comprimé à moyenne pression une pompe pour faible élévation d'eau*. En ce cas, on placera sur la conduite d'air comprimé une soupape de réduction de pression, ou l'on fera détendre l'air dans la pompe même en employant le type à levier (*fig. 5*) de la manière suivante. On laissera, entre l'écrou qui soulève la soupape N et la fourche du levier, un certain jeu, de manière à permettre au flotteur de descendre dès que la surface liquide dépassera le niveau de flottaison assez pour laisser fermer la soupape M ; ce sera la période d'admis-

sion. Puis le piston liquide continuera à descendre jusqu'à ce que sa traction devienne assez forte pour soulever la soupape N; ce sera la période de détente. — La proportion de l'admission et de la détente n'est donc plus qu'une question de calcul de la situation du niveau de flottaison et de celle du niveau inférieur de la course de la surface liquide. On ne devra pas perdre de vue que la détente dans la pompe même entraînera souvent la nécessité de réchauffer l'air comprimé avant son entrée dans la pompe.

Construction d'une installation de pompes sans piston.

Nous indiquerons par un exemple comment peut être établi le calcul des organes spéciaux aux pompes sans piston.

Supposons qu'il s'agisse d'élever 10 mètres cubes d'eau par heure à 80 mètres de hauteur.

Nous comparerons deux types d'installations :

La première, composée d'*appareils à courant intermittent fonctionnant à basse pression et sans détente* ;

La seconde, composée d'*appareils à courant continu fonctionnant à moyenne pression, avec retour d'air au compresseur*, pour utiliser la détente.

Nous nous donnerons, comme limite de la dépense de travail affectée aux excédents de longueur des conduites de refoulement et aux frottements de l'air et de l'eau, 25 p. 100 en sus de la hauteur à atteindre, au total une pression maximum de 100 mètres de hauteur d'eau, sous laquelle devront fonctionner les appareils. En outre, les dimensions des organes du distributeur seront établies de manière à comporter des écarts de 50 p. 100 sur les surfaces des soupapes ou les pressions.

1° INSTALLATION A BASSE PRESSION, SANS DÉTENTE ET A COURANT INTERMITTENT. — Dans les appareils à courant

intermittent, la *périodicité* sera réglée de manière à donner au refoulement une durée plus longue qu'à l'aspiration, soit pour le refoulement les $\frac{2}{3}$ de la durée de la période, et pour l'aspiration seulement le $\frac{1}{3}$ de cette durée.

La conduite de refoulement devra donc débiter en moyenne 10 mètres cubes en quarante minutes, et celle d'aspiration 10 mètres cubes en vingt minutes, d'où nous concluons que la conduite de refoulement pourra présenter un diamètre d'environ 65 millimètres, et celle d'admission un diamètre d'environ 80 millimètres.

La pression de 100 mètres sera répartie également sur cinq appareils.

Les *conduites d'air* devront fournir par seconde, au sortir du compresseur, les 15 litres d'air comprimé nécessaires à la marche des cinq appareils, plus un certain excédent pour combler les déficits provenant des fuites, des espaces libres et de la dissolution de l'air dans l'eau, en nombre rond, au total, 20 litres.

Le volume d'air transmis diminue à chaque relai, de sorte que si l'on donne aux conduites 30 millimètres de diamètre au sortir du compresseur, il suffira de 20 millimètres entre les deux appareils le plus éloignés.

Il semble suffisant de donner aux soupapes du distributeur un diamètre de 20 millimètres, couvrant un orifice de 16 millimètres.

Sur chacune d'elles, la pression de l'air, majorée de 50 p. 100, restera donc inférieure à 9^{kg},5.

Un *flotteur* cylindrique de 160 millimètres de diamètre semble approprié à la puissance de ces appareils. Ce flotteur devant exercer une poussée de 9^{kg},50 et, successivement, une traction descendante de 9^{kg},50, son volume au-dessus de la ligne de flottaison devra être d'au moins 9^{lit},50 et autant en dessous, soit une hauteur

de 0^m,48 en dessus de la ligne de flottaison et d'au moins 0^m,48 en dessous.

On remarquera toutefois que, la pression pouvant descendre à près de $\frac{80}{5} = 16$ mètres de hauteur d'eau, il pourra arriver que la pression sur la soupape d'admission d'air ne dépasse pas de beaucoup $3,14 \times 1,6 = 5$ kilogrammes ; en ce cas, il suffirait que le liquide immerge un volume du flotteur de 5 litres, pour que la distribution fonctionne. On devra donc *rétrécir le récipient* à partir de la hauteur de $\frac{5^{\text{dem}}}{2} = 2^{\text{dem}},50$ au-dessus du niveau de flottaison, afin de réduire l'espace nuisible.

D'après ce qui précède, la *course* du piston liquide sera au moins de 0^m,25 de part et d'autre du niveau de flottaison, au plus de 0^m,48.

Plus la *périodicité* des écoulements sera longue, moins on aura de force vive à dépenser ; mais une périodicité de trente secondes, dont dix pour l'admission et vingt pour le refoulement, paraît pratiquement bien suffisante pour le débit demandé ; il faudra donc un débit par période d'environ 90 litres, ce qui, pour une course de 0^m,50 du piston liquide, implique un diamètre de 0^m,50.

Ces chiffres suffisent pour établir le plan d'un appareil dont le plus grand diamètre sera d'environ 0^m,50, et la hauteur totale d'environ 1^m,10.

Pour évaluer la *puissance motrice*, nous nous placerons dans les conditions les plus défavorables, admettant une élévation de température dans le compresseur égale à celle que produirait théoriquement le travail adiabatique, et un refoulement, à la température ambiante, sans utilisation de la détente.

Les rapports théoriques de ces deux quantités sont :

Rapport des pressions	1,5	2	3	4	5	6	8	10	15
Élévation d'eau correspondante	5 m.	10	20	30	40	50	70	90	140
Rapports du travail de compression adiabatique au travail de refoulement isothermique.	1,28	1,67	2,08	2,63	2,94	3,33	3,85	4,55	5,55

La quantité d'air à refouler est, par seconde, de 20 litres, sous pression de 2 kilogrammes, soit, pour le refoulement seul, 400 kilogrammètres.

Nous avons déjà tenu compte des pertes de travail dues aux frottements, aux fuites, etc., en imputant des excédents au volume d'air et à la charge d'eau ; le travail de compression nécessaire sera donc :

$$400 \times 2,08 = 832 \text{ kilogrammètres.}$$

L'emploi d'un *réchauffeur* est ici nettement indiqué.

M. Kennedy a constaté qu'en chauffant l'air à 160° la puissance indiquée d'un moteur passe de 39 à 54, soit un rapport d'environ 1,40.

L'emploi d'un réchauffeur permettrait donc de réduire à $\frac{832}{1,40} = 590$ kilogrammètres le travail à transmettre par le compresseur.

Augmentons ce chiffre de 56 p. 100 pour tenir compte des résistances passives d'un piston compresseur et d'un piston à vapeur, et nous trouvons pour *travail indiqué* de la machine à vapeur $590 + 330 = 920$ kilogrammètres.

La puissance de la machine motrice devra donc être de $\frac{920}{75} = 12$ à 13 chevaux indiqués.

Dans les installations à basse pression, on pourra employer comme compresseur une pompe à mouvement elliptique reliée par une courroie à un arbre moteur

quelconque. En ce cas, et dans d'autres circonstances analogues, il peut être utile de se rendre compte du *travail mesuré au frein* qui sera nécessaire pour la marche du compresseur. Il suffit alors d'ajouter, au travail moteur 590 kilogrammètres calculé plus haut, 25 p. 100 représentant les pertes imputables à un seul piston, ce qui donne $590 + 142 = 732$ kilogrammètres, ou environ 10 chevaux.

Le rapport du travail moteur au travail effectif est

$$\frac{732}{3 \times 80} = 3.$$

2° INSTALLATIONS A MOYENNE PRESSION, AVEC RETOUR D'AIR AU COMPRESSEUR ET COURANT DE REFOULEMENT CONTINU. — Les moyennes et hautes pressions présentent dans la pratique des difficultés provenant des variations de la température de l'air par l'effet de la compression et de la détente. En fait, l'élévation de température produite par la compression adiabatique est limitée par la présence de l'eau.

Rapports des pressions température initiale: 15° centigrades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
température finale centigrade	après compression	+ 15°	+ 78	+ 125	+ 156	+ 185	+ 211	+ 233	+ 254	+ 271	+ 285
	après détente	+ 15°	— 37	— 60	— 80	— 92	— 102	— 109	— 116	— 121	— 125
température d'ébullition de l'eau pour le nombre d'atmosphères in- diqué par les rapports ci-dessus.		+ 100	+ 120	+ 134	+ 144	+ 152	+ 160	+ 165	+ 171	+ 176	+ 180

Il en résulte que, pour éviter la formation de glaçons dans les moteurs-pompes, par l'effet de la détente, on les fait marcher ordinairement sans détente, afin que le givre soit lancé au dehors par l'échappement de l'air.

Pour étudier une application de pression moyenne, nous diviserons la hauteur de 80 mètres, que nous nous sommes proposé d'atteindre, en deux sections égales, et, admettant comme précédemment un excédent d'une

vingtaine de mètres pour les charges diverses, nous établirons nos calculs pour une hauteur totale de 100 mètres d'eau divisée en deux, soit en nombres ronds une pression de 5 kilogrammes, ou 6 atmosphères, dans chaque appareil.

Nous calculerons aussi les *organes du distributeur* avec l'hypothèse d'un écart accidentel de 50 p. 100 sur les surfaces des soupapes. Le diamètre de 20 millimètres semble encore suffisant pour les soupapes du distributeur, ce qui porte la pression de l'air sur chacune d'elles, majorée de 50 p. 100 à 23 kilogrammes.

Si le *flotteur* a le même diamètre que le premier, 160 millimètres, section 2 décimètres, et si nous ne voulons pas dépasser, pour sa hauteur, 1 mètre, le rapport des bras du *levier* intermédiaire devra être $\frac{23 \times 2}{20} = 2,3$.

La *hauteur totale de l'appareil* sera d'environ 1^m,10; le *rétrécissement* commencera à une hauteur au-dessus du niveau de flottaison de $\frac{3,14 \times 4}{2,3 \times 2} = 2^{\text{dcm}}, 7$.

Le courant étant continu dans les *conduites de refoulement*, un diamètre de 55 millimètres semble suffisant; celui de 80 millimètres entre le réservoir alimenteur et la tubulure d'admission, où le courant est intermittent et de courte durée, assurera une admission rapide.

Nous avons vu que, dans un appareil à courant continu, l'air n'est retenu que par les colonnes d'eau EF, GH (*fig. 3*) et que la pression de l'air doit être au moins égale à celle d'une colonne d'eau de hauteur OF et ne dépasse pas celles de hauteur EF, GH.

La hauteur GH doit être intermédiaire entre les hauteurs OF et EF. Donc nous donnerons à GH la hauteur de 44 mètres : par exemple, à OF celle de 41 mètres, à EF celle de 45 mètres.

La courbe de 4 mètres de profondeur au-dessous du

réservoir O de l'appareil supérieur paraît largement suffisante pour assurer le fonctionnement du système.

Dans le cas où l'on composerait un chapelet d'un plus grand nombre d'appareils, les mêmes bases seraient applicables aux dimensions des autres appareils.

Nous avons vu qu'au point de vue du rendement il y a avantage à construire des appareils de grande dimension, avec des *conduites de retour* de petite capacité. Nous réduirons le diamètre de celles-ci à 20 millimètres, soit une capacité de 31^m,40 pour une conduite d'environ 100 mètres de longueur, et de 13^m,80 pour une conduite d'environ 60 mètres de longueur.

En présence de ces chiffres, un volume d'air de 240 litres paraît suffisant pour réaliser une assez faible chute de pression. La course de la surface liquide étant de 0^m,50, cela nous conduit au diamètre de 0^m,80.

Lorsque l'air se répandra dans la conduite de retour (et nous négligeons l'air qu'elle renferme encore à ce moment), la pression tombera à :

$$6 \times \left(\frac{240}{240 + 31,4} \right)^{1,40} = 6 \times 0,84 = 5,04 \text{ dans l'un des appareils,}$$

et à

$$6 \times \left(\frac{240}{240 + 168} \right)^{1,40} = 6 \times 0,90 = 5,40 \text{ dans l'autre.}$$

Pour une compression de 1 à 6, la détente utilisée sera donc de $\frac{5,04 + 5,40}{2} = 5,22$ à 1.

Or, nous avons vu (p. 118) que le rapport du travail de compression adiabatique au travail de refoulement isothermique est :

$$\begin{array}{ccc} 3,33 & \text{pour un rapport des pressions égal à} & 6 \\ 2,94 & \text{—} & 5 \end{array}$$

Le *travail restitué par la détente* de 5,2 à 1 est donc d'au moins 2,94 ; d'où il suit que la perte entre la compression et la détente serait de moins de $3,33 - 2,94 = 0,39$ du travail de refoulement isothermique.

Le *travail de refoulement isothermique* est égal à la somme des débits des deux appareils, 6 kilogrammes, majorée de $\frac{1}{3}$ environ pour tenir compte des fuites, pertes

d'air diverses, et multipliée par la hauteur 50 ; soit	
$9 \times 50 =$	450 k.m.
ajoutant 0,39 de ce travail, soit.....	175 k.m.

pour tenir compte des pertes dues à la com-	
pressibilité de l'air, total.....	625 k.m.
puis 56 p. 100 pour le piston à vapeur et celui	
du compresseur.....	340 k.m.

nous obtenons le total de.....	965 k.m.
--------------------------------	----------

Si nous laissons en dehors de notre calcul les pertes imputables au piston à vapeur, on trouve comme travail moteur $625 \times 1,25 = 781$ kilogrammètres, à dépenser pour un *travail effectif* de $3 \times 80 = 240$ kilogrammètres, de sorte que le *travail moteur* ne serait que *le triple* du travail effectif, tandis qu'avec des machines ordinaires il serait beaucoup plus élevé (*).

La puissance de la *machine motrice* devrait être de $\frac{965}{75} = 12$ à 13 chevaux indiqués, ou 10 chevaux mesurés sur l'arbre.

Au point de vue *thermique*, on remarquera que la compression au début de la période est de 5,2 à 6 ;

à la fin de la période, de 1 à 6 ;

et que l'élévation de température, très faible au début,

(*) Voir les rendements pratiques ordinaires présentés par William Donaldson, au Congrès de mécanique appliquée, *Revue Technique de l'Exposition de 1889*, p. 330, VII^e partie.

atteint son maximum à la fin de la période. La moyenne de l'élévation de température est faible, comme on peut le conclure du rapport 1,39 entre le travail de compression adiabatique et le travail de détente adiabatique utilisé. Ce rapport placerait la compression moyenne entre les rapports 1 et 2 du tableau de la page 119.

Si on considère les différences de température comme proportionnelles aux différences des rapports des travaux dans les limites de pression de 1 à 2, cela nous donne, pour une température ambiante de 15°, une élévation de $(78 - 15) \frac{0,39}{0,67} = 36^\circ$. La température de l'air après compression aurait donc pour maximum $15 + 36 = 51^\circ$.

Si l'on admet que l'air perde la moitié de l'excédent de température acquis au contact des enveloppes, soit $\frac{36}{2}$, entre le compresseur et le piston liquide, il y arriverait à la température de 33°; et comme la chute de température du fait de la détente serait d'environ 30°, le résultat final serait + 3°.

Dans ce calcul, nous n'avons tenu compte que de la chaleur perdue, et non de celle qui serait fournie par la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air, par les parois humides, etc., de sorte qu'on peut considérer les appareils comme absolument à l'abri de tout accident de glace.

Mais aussi ce calcul nous montre que l'emploi d'un *réchauffeur* n'aurait guère d'autre effet que d'élever au-dessus de la température ambiante la température moyenne du système, l'écart de température entre l'air comprimé et l'air détendu restant voisin de 36°. C'est pourquoi l'emploi d'un réchauffeur semble inutile dans les installations avec retour d'air.

L'appareil inférieur a été représenté sous l'eau, mais il pourrait être installé aussi bien au-dessus de l'eau, la

conduite de retour permettant de procéder par *aspiration*. Il sera bon, toutefois, d'éviter les fortes aspirations, parce que le piston du compresseur n'agit alors que sur des quantités d'air très faibles, d'où résulte la nécessité d'un grand nombre de coups de piston pour un petit effet et, par conséquent, une perte de temps.

Conclusions.

On atteindrait des hauteurs quelconques avec l'un ou l'autre des types d'installation décrits, dans les mêmes limites de pression et de rendement, en multipliant le nombre des appareils à proportion des hauteurs.

La conduite de retour permet de placer l'appareil le plus bas au-dessus des eaux à épuiser.

Les deux types d'installation présentent à peu près les mêmes rendements, dans les limites de pression que nous avons étudiées.

Les frais de construction ne semblent pas devoir différer notablement.

On peut associer un appareil à courant intermittent (*fig. 1*) à des appareils à courant continu, application qui se présentera notamment lorsqu'on aura besoin d'une partie de l'air comprimé pour l'aérage de mines ou de galeries.

On pourra aussi placer au fond du puits un appareil à basse pression (*fig. 1*) avec aspiration de $\frac{1}{2}$ atmosphère par exemple, permettant de placer l'appareil hors de l'eau refoulant à 3 atmosphères dans un appareil à haute pression (*fig. 5 et 6*) installé à côté de lui. Celui-ci à son tour refoulerait l'eau à une pression beaucoup plus élevée, 10 atmosphères par exemple, permettant d'atteindre 100 mètres de hauteur d'un seul jet avec courant continu.

Cette installation impliquerait deux compresseurs, l'un à basse pression, 3 atmosphères, faisant marcher l'appareil *fig. 1* et alimentant le second compresseur par une soupape réglée à 3 atmosphères; le second faisant marcher l'appareil *fig. 6* avec le cycle fermé déjà décrit, dans les limites de pression de 3 atmosphères à 15 atmosphères, rapport 5, dont nous avons déjà indiqué les rendements.

Les rendements des appareils à piston liquide sont beaucoup plus élevés que ceux des machines ordinaires.

Cette supériorité tient aux causes suivantes :

- 1° Deux pistons solides sont supprimés ;
- 2° Lorsqu'on n'utilise pas la détente, on peut fonctionner à basse pression, quelle que soit la hauteur à atteindre ;
- 3° Lorsqu'on fonctionne à moyenne ou haute pression, on retrouve dans le retour d'air au compresseur la plus grande partie du travail de compression, avec peu d'écart entre la température de l'air comprimé et celle de l'air détendu.

Le remplacement des machines par des appareils de chaudronnerie de fabrication facile implique l'économie de construction.

Les frais d'entretien disparaissent au-delà du compresseur.

COMMISSION DU GRISOU

ACCIDENTS SURVENUS

PAR SUITE

D'EXPLOSION TARDIVE

DE

CARTOUCHES DE GRISOUNITE

I. — RAPPORT PRÉSENTÉ A LA COMMISSION

Par M. SARRAU, Ingénieur en chef des poudres et salpêtres,
Membre de l'Institut.

Par dépêche en date du 27 février 1896, M. le Ministre des travaux publics a soumis à l'examen de la Commission du grisou, en lui demandant son avis, le dossier d'un accident survenu, le 20 décembre dernier, au puits Châtelus, n° 1, des mines de houille de Beaubrun, où un ouvrier a été légèrement blessé par l'explosion tardive d'un coup de mine chargé de grisounite.

Il résulte du procès-verbal, établi sous la forme habituelle, que cet accident s'est produit dans les circonstances suivantes.

Trois trous de mine, forés dans une même taille, avaient été chargés chacun d'une cartouche de 100 grammes de grisounite-couche (composition : azotate d'ammoniaque, 95,5; trinitronaphtaline, 4,5), amorcée avec détonateur de 1^{re}, 5 de fulminate. Le feu ayant été mis aux trois mèches, les trois ouvriers du chantier, qui s'étaient garés dans les environs immédiats, entendirent « trois détonations bien

distinctes, dont les deux premières presque coup sur coup et la troisième à deux ou trois secondes d'intervalle, cette dernière plus sourde que les deux autres ». Ils revinrent donc au chantier, et au moment où ils arrivaient au front de la taille, un des coups, qui fumait encore, partit et blessa l'un d'eux au visage. Il semblerait donc que ce coup fût parti en deux fois, l'explosion finale ayant été précédée d'une première explosion partielle.

Le fait est d'autant plus digne d'attention que, d'après les documents communiqués, des circonstances analogues se sont présentées antérieurement.

Le 8 septembre 1891, dans les premiers essais de la grisounite, au puits du Ban des mines de Roche-la-Molière et Firminy, un trou de mine avait été chargé de deux cartouches. Après la mise de feu, « on entendit une détonation un peu sourde », et, l'un des assistants s'étant avancé, constata que « le coup n'avait pas travaillé et que du trou sortait une fumée jaunâtre épaisse » ; puis, une seconde explosion se produisit, qui le blessa légèrement.

En avril 1891, au cours d'expériences faites au puits Lachaux, de la même Compagnie, l'explosion d'un coup de mine chargé à 150 grammes avait eu lieu en deux fois et, dans un autre coup de mine chargé à 300 grammes, « on avait entendu trois détonations à un intervalle de deux ou trois secondes ».

Un autre fait, recueilli par l'un des membres de la Commission du grisou, doit aussi être signalé : il y a trois ou quatre ans, dans les exploitations de Montceau, un coup de mine ayant été allumé à l'électricité, les ouvriers, ayant entendu la détonation de la capsule, pensèrent que le coup avait raté. Au moment où ils arrivaient près du chantier, une explosion se produisit avec un retard qui était de deux ou trois minutes au moins ; aucun d'eux, heureusement, ne fut blessé.

Les faits précités paraissent suffisamment établis ; pour en concevoir une explication plausible, il est utile de rappeler quelques notions relatives aux décompositions explosives.

La décomposition d'un explosif n'a pas lieu suivant une seule réaction caractéristique ; une cause importante de variation résulte de la pression sous laquelle les produits se trouvent placés pendant la réaction.

La dynamite, le coton-poudre, l'azotate d'ammoniaque pur ou mélangé, en général les explosifs azotés, fusent lentement à l'air libre, suivant un mode de décomposition caractérisé par un dégagement abondant de bioxyde d'azote.

Les mêmes matières, enflammées dans une capacité close et résistante, se décomposent rapidement sans trace de bioxyde d'azote.

Il importe, d'ailleurs, de remarquer que ce second mode, le seul qui soit véritablement explosif, se substitue fréquemment au premier dès que quelque circonstance extérieure, venant à gêner le dégagement des gaz, accroît la pression. Ainsi s'expliquent les accidents survenus en brûlant des cartouches de dynamite à l'air libre ou en cherchant à réaliser dans des tubes la combustion fusante de matières telles que le picrate d'ammoniaque.

La réaction provoquée par les détonateurs, dont l'amorce au fulminate de mercure est le type usuel, ne diffère pas de celle qui se produit par inflammation en vase clos, sous de fortes pressions. Ce qui caractérise alors le phénomène, c'est la rapidité avec laquelle la décomposition se propage sous l'influence du détonateur ; cette rapidité est telle que la masse tout entière tend à se décomposer dans un volume peu différent de son volume initial, et c'est ainsi que naissent des pressions énormes, même à l'air libre ou sous bourrage léger.

Par suite de défauts de l'amorce ou de l'amorçage, une charge peut s'enflammer et fuser lentement au lieu de détoner ; il y a alors ce qu'on appelle un raté de détonation, et l'explosif se décompose suivant le mode caractéristique des faibles pressions, avec dégagement de bioxyde d'azote.

La faculté de détoner par l'amorce et de propager la détonation varie beaucoup avec la substance ; l'azotate d'ammoniaque est, à cet égard, particulièrement insensible, et la propriété détonante de la grisounite n'est due qu'à la présence d'une petite quantité de nitronaphtaline. On comprend donc que des circonstances peu apparentes puissent entraver la détonation de cet explosif.

Ces remarques s'appliquent aux faits signalés : à Montceau, il semble n'y avoir eu qu'un raté de détonation déterminant d'abord la décomposition fusante ; l'augmentation progressive de la pression dans le trou de mine a déterminé ensuite la décomposition explosive.

Dans l'accident du 8 septembre 1891, on peut admettre que la cartouche amorcée a détoné seule d'abord, d'une façon plus ou moins complète, et qu'elle a simplement enflammé la seconde. Les détails relatés au procès-verbal donnent, d'ailleurs, à supposer que, dans ce cas, une partie de la bourre s'était interposée entre les deux cartouches. La décomposition fusante, à laquelle on peut attribuer les « fumées jaunâtres » observées, s'est ensuite transformée en réaction explosive.

On peut expliquer de la même manière les faits constatés en avril 1891, dans des trous de mine chargés soit de deux, soit de trois cartouches juxtaposées.

Quant à l'accident survenu à Beaubrun, le 20 décembre 1894, il semble plus difficile à expliquer, le trou de mine, où s'est produite la double explosion, n'ayant été chargé que d'une cartouche unique. Il faudrait admettre

130 EXPLOSIONS TARDIVES DE CARTOUCHES DE GRISOUNITE

qu'une irrégularité fortuite dans la texture de la charge a suffi pour opposer à la propagation de la détonation un obstacle comparable à celui qu'un défaut de contact peut créer au point de séparation de deux cartouches.

En résumé, si l'on tient compte des avantages particuliers qui ont fait recommander l'emploi des grisounites et, en général, des dynamites à l'azotate d'ammoniaque dans les mines grisouteuses, il paraît que les accidents dus à la faible sensibilité de ces explosifs soient jusqu'à présent trop peu nombreux et trop peu importants pour qu'on puisse songer à interdire l'usage de ces matières.

Les seules mesures qui semblent utiles consistent à faire connaître aux exploitants de mines les accidents déjà relevés, les circonstances dans lesquelles il se sont produits et les raisons qui les peuvent expliquer, à insister auprès des Ingénieurs des Mines pour que tous les accidents de même nature que ceux dont il vient d'être question, et qui ont pu se produire, soient recherchés et relatés en faisant connaître avec exactitude les circonstances dans lesquelles ils se sont produits.

La réunion de ces documents donnerait, au sujet des difficultés d'emploi des grisounites et des explosifs analogues, des renseignements qu'il ne semble pas possible de demander aux expériences de la Commission des substances explosives. La probabilité de reproduire à volonté des circonstances, qui se sont présentées si rarement dans le service courant des mines, semble trop faible pour qu'on puisse avoir recours à l'expérimentation, et les faits signalés ne sont pas, d'ailleurs, en désaccord avec les principes théoriques admis jusqu'ici.

Il conviendrait enfin de signaler aux exploitants que les ouvriers chargés de mettre en œuvre les grisounites ou explosifs analogues doivent, dès qu'ils ont quelque indice d'une explosion incomplète, laisser s'écouler quelques

minutes avant de visiter le trou de mine et rester abrités pendant ce temps.

26 mars 1896.

II. — AVIS DE LA COMMISSION DU GRISOU.

La Commission,

Après avoir entendu la lecture du rapport de M. Sarrau, et en avoir délibéré,

Considérant que les circonstances dans lesquelles se sont produits les ratés de détonation de coups de mines chargés à la grisounite-couche Favier, faisant l'objet de ce rapport, ne sont pas suffisamment élucidées pour qu'on puisse en indiquer avec précision la cause, ni formuler les mesures nécessaires pour en éviter le retour; que la probabilité de les reproduire dans les expériences de laboratoire est, d'ailleurs, infiniment trop faible pour qu'on puisse espérer en trouver une explication certaine par des recherches scientifiques directes, et que, dans ces conditions, on ne peut l'attendre que de l'étude minutieuse des anomalies semblables survenues dans la pratique;

Considérant, d'autre part, que ces accidents, d'ailleurs fort rares, se sont généralement produits dans la période d'essai de cet explosif, que leurs conséquences, peu graves, eussent été évitées en revenant moins promptement sur les coups de mines après les premières détonations; que, dès lors, il ne saurait convenir de renoncer à l'emploi de la grisounite-couche Favier pour des inconvénients encore aussi aléatoires;

Ne pouvant cependant méconnaître l'importance des indications fournies par les faits cités, et adoptant, dans leur ensemble, les conclusions du rapporteur;

132 EXPLOSIONS TARDIVES DE CARTOUCHES DE GRISOUNITE

Est d'avis qu'il y a simplement lieu de signaler les faits en question aux exploitants de mines, en les engageant à informer avec détails les Ingénieurs des Mines de tous les faits semblables, même non suivis d'accidents de personne, qui seraient parvenus dans le passé, ou parviendraient dans l'avenir à leur connaissance, de façon que les services locaux en fassent l'objet de rapports à M. le Ministre des travaux publics.

La Commission émet, en outre, le vœu que le rapport de M. Sarrau et le présent avis soient insérés aux *Annales des mines*.

Paris, 28 avril 1896.

BULLETIN

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ESPAGNE EN 1894.

1^o PRODUCTION DES CONCESSIONS.

SUBSTANCES MINÉRALES	CON- CESSIONS en activité	OUVRIERS			MACHINES A VAPEUR		PRODUCTION	
		Hommes	Femmes	Enfants	Nombre	Force en chevaux	Poids	Valeur sur place
							tonnes	francs
Fer.....	411	11.094	112	1.524	72	1.309	5.352.353	19.979.559
Fer argentifère.....	11	156	"	40	"	"	736	4.130
Wolfram.....	1	"	"	"	"	"	21	5.351
Pyrite de fer.....	7	502	25	53	11	200	60.000	150.000
Or.....	2	"	"	"	"	"	120	1.200
Plomb.....	506	8.802	189	975	227	6.362	140.842	11.044.196
Plomb argentifère.....	364	6.951	167	1.598	182	3.652	181.715	27.486.581
Argent.....	8	277	2	71	7	325	7.411	1.189.972
Cuivre.....	230	7.636	159	948	103	4.477	2.445.242	13.194.097
Cuivre et cobalt.....	3	40	2	8	1	12	853	102.360
Zinc.....	110	1.415	105	282	21	265	58.760	1.978.953
Mercur.....	21	1.216	8	138	9	215	30.031	6.000.346
Antimoine.....	2	48	"	5	1	20	15	1.500
Manganèse.....	4	13	8	7	"	"	340	2.610
Nickel.....	1	13	"	1	"	"	7	720
Cobalt.....	2	5	2	2	"	"	52	3.120
Etain.....	6	75	"	15	1	4	26	13.391
Pyrites arsenicales.....	4	7	"	2	"	"	68	678
Sel commun.....	57	305	30	77	7	38	186.121	1.141.871
Sulfate de soude.....	1	5	"	"	"	"	312	2.340
Sulfate de baryte.....	6	12	1	2	"	"	541	13.493
Terres alumineuses.....	7	9	2	6	"	"	310	7.715
Spath-fluor.....	1	3	"	"	"	"	18	1.150
Soufre.....	9	517	"	175	1	10	10.865	141.241
Phosphore.....	1	3	1	1	"	"	40	400
Kaolin.....	7	58	"	7	1	24	247	9.478
Stéatite.....	7	34	"	7	"	"	3.109	68.017
Topaze.....	1	3	"	"	"	"	kilog. 75	7.748
Houille.....	662	11.228	1.067	2.879	114	3.274	1.659.274	11.638.383
Lignite.....	69	402	28	132	6	32	48.460	316.331
Graphite.....	1	3	4	"	"	"	10	150
Roches asphaltiques.....	4	22	"	2	"	"	985	10.047
Totaux.....	2.526	50.854	1.912	8.927	764	20.219	.....	94.517.158

2° PRODUCTION DES USINES.

SUBSTANCES	PRODUCTION		NOMBRE des usines en activité	MACHINES EN ACTIVITÉ				OUVRIERS			MATIÈRES élaborées
	Poids	Valeur à pied d'œuvre		HYDRAULIQUES		A VAPEUR		Hommes	Femmes	Enfants	
				Nombre	Force en chevaux	Nombre	Force en chevaux				
	tonnes	francs									tonnes
Fonte (*).....	123.798	8.498.411	17	38	1.553	303	23.023	8.074	138	813	566.050
Fer.....	54.214	11.019.390	42	"	"	30	721	1.313	"	83	104.253
Acier.....	92.854	17.921.999	26	"	"	27	301	954	"	351	198.440
Fils de fer et d'acier.....	3.728	1.177.775	3	3	36	1	5	37	"	"	1.591
Plomb.....	64.189	14.552.263	9	"	"	63	1.741	3.127	208	474	1.345.647
Plomb argentifère.....	88.433	36.928.985	1	"	"	43	134	437	7	28	13.529
Argent fin.....	193	20.975.920	4	"	"	8	142	35	32	25	25.402
Cuivre fin.....	785	784.735	7	"	"	4	49	330	5	219	29.075
Cuivre noir.....	29.548	20.683.433	33	"	"	"	"	"	"	40	112.946
Mattes de cuivre.....	16.872	5.061.475	1	"	"	"	"	"	"	"	"
Zinc en lingots.....	3.052	1.801.380	4	"	"	"	"	"	"	"	"
Zinc laminé.....	2.421	2.106.772	7	"	"	"	"	"	"	"	"
Calamine calcinée.....	17.768	57.568	33	"	"	"	"	"	79	40	112.946
Mercur.....	1.610	6.434.807	1	"	"	"	"	"	"	"	239
Sulfure jaune d'arsenic.....	184	66.120	4	"	"	"	"	"	"	"	5.581
Sel raffiné.....	12.988	472.221	1	"	"	"	"	"	"	"	285.431
Sulfate de soude.....	174	15.296	4	"	"	"	"	"	"	"	197.016
Soufre fondu.....	3.417	290.428	29	20	424	25	907	351	26	59	198.495
Ciment hydraulique.....	132.645	1.881.018	6	"	"	12	228	208	"	29	905
Agglomérés de houille.....	209.776	4.264.155	3	"	"	4	16	65	"	9	
Coke.....	149.906	3.740.138	1	"	"	1	24	8	"	2	
Asphalte.....	905	58.806									
Totaux.....	.....	158.820.095	156	61	2.013	491	27.891	15.449	495	2.132	—

(*) Non compris 45.568 tonnes qui ont été totalement transformées en fer et en acier, et dont la valeur aurait fait double emploi avec celle de ces deux métaux.

**STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE
DE L'AUTRICHE EN 1894.**

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEUR SUR PLACE (*)	PRIX MOYEN
1^{re} Mines	tonnes	francs.	fr. c.
Houille.....	9.572.952	81.961.249	8,56
Lignite.....	17.332.538	79.756.312	4,60
Roches asphaltiques.....	116	4.710	40,60
Minerai de fer.....	1.214.736	6.610.000	5,44
— de plomb.....	12.061	2.066.758	171,35
— de cuivre.....	7.235	688.757	95,20
— de zinc.....	28.491	1.086.257	38,12
— d'étain.....	24	6.089	253,70
— d'or.....	86	24.470	284,54
— d'argent.....	18.338	7.410.422	404,10
— de mercure.....	84.128	2.442.222	29,03
— d'antimoine.....	686	169.521	247,11
— de Manganèse.....	5.056	136.880	27,07
— de bi-muth.....	570	37.529	65,84
— de wolfram.....	40	26.943	673,57
— d'urane.....	26	146.250	5.625,00
— d'arsenic.....	2	230	115,00
— de soufre.....	2.435	85.177	34,98
Graphite.....	24.121	2.178.490	90,31
Sel.....	344.319	60.912.467	176,90
2^{re} Usines			
Fente.....	742.372	66.073.990	89,00
Plomb.....	9.628	3.494.067	362,90
Cuivre.....	1.341	1.839.787	1.371,80
Zinc.....	6.810	3.134.282	460,24
Etain.....	80	200.000	2.500,00
Mercurc.....	519	2.610.093	5.029,08
Antimoine.....	279	265.132	950,29
Or.....	62 kg.	239.044	3.855,55
Argent.....	38.246	7.488.129	195,78
Bismuth.....	211	4.997	23,68
Urane préparé.....	4.877	170.000	35,00

(*) Conversion : Un florin = 2 fr. 48.

(Extrait du Statistisches Jahrbuch des K.K. Ackerbau-Ministeriums für 1894).

**PRODUCTION DU PÉTROLE ET DE L'OZOKÉRITE EN GALICIE
PENDANT L'ANNÉE 1894.**

Le poids du pétrole extrait a été, en 1894, de 15.600 tonnes supérieur au chiffre réalisé en 1893, mais le prix moyen par tonne a diminué de 5^f,40. Les résultats de l'exploitation ont été les suivants, pour les deux années :

	1893	1894
Poids du pétrole extrait.....	96.331 tonnes	111.930 tonnes
Valeur de la production.....	7.461.873 francs	8.066.334 francs
Prix moyen par tonne.....	77 ^f ,46	72 ^f ,06

Le nombre des entreprises en activité a été de 910, avec un personnel de 3.300 ouvriers.

On a compté d'autre part, en 1894, 137 exploitations de cire minérale en activité, sur lesquelles 5.100 ouvriers ont trouvé du travail. La production a atteint un total de 6.743 tonnes, d'une valeur de 3.898.795 francs (578^f,20 par tonne), au lieu de 5.625 tonnes, d'une valeur de 3.145.470 francs (559^f,20), en 1893.

(*Extrait du Statistisches Jahrbuch des k. k. Ackerbau-Ministeriums für 1894.*)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 7 mai 1896, autorisant la SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE HOUILLE DE MONTRELAIS-MOUZEIL ET LANGUIN à réunir la concession de mines de houille de LANGUIN Loire-Inférieure à la concession de même nature de MONTRELAIS-MOUZEIL (Loire-Inférieure et Maine-et-Loire) ().*

Décret du Président de la République, du 7 mai 1896, modifiant le décret du 27 avril 1892, relatif à la réglementation de l'exploitation des carrières du département des HAUTES-PYRÉNÉES.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre des travaux publics,
Vu le décret du 27 avril 1892 (**) portant règlement pour l'exploitation des carrières du département des Hautes-Pyrénées;
Vu les rapport et avis des ingénieurs des mines des 6 février-14 mars 1895;
L'avis du conseil général des mines du 28 février 1896;
Vu la loi du 21 avril 1810 modifiée par la loi du 27 juillet 1880;
Le conseil d'État entendu,
Décrète :
Art. 1^{er}. — L'article 9 bis du décret susvisé du 27 avril 1892 est modifié de la manière suivante :
" *Art. 9 bis.* — Dans toute ardoisière exploitée à ciel ouvert, le

**) Actes institutifs des concessions :
Languin, ordonnance du 28 avril 1839 (Annales des mines, 1^{er} volume de 1839, p. 723) ;
Montrelais-Mouzeil, décret du 18 août 1807.
(**) Volume de 1892, p. 213.*

« rocher sera coupé par banquettes disposées en gradins parallèlement à la direction des bancs d'ardoise et avec un talus suffisant pour prévenir tout éboulement.

« Toutefois, l'exploitation en surplomb pourra, à la demande des intéressés et sur le rapport de l'ingénieur des mines, être autorisée par un arrêté préfectoral qui fixera les conditions dans lesquelles le travail sera effectué.

« Les chefs de l'excavation pourront, d'ailleurs, être taillés verticalement, lorsque leur solidité paraîtra suffisamment assurée. »

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel*, au *Bulletin des lois* et au *Recueil des actes administratifs* du département. Il sera publié et affiché dans toutes les communes du département.

Fait à Paris, le 7 mai 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

TIRRELL.

Décret du Président de la République, du 11 mai 1896, déclarant d'utilité publique l'établissement d'un chemin de fer aérien destiné à relier la mine de fer du COULMY à l'usine de GOURAINCOURT, à LONGWY (Meurthe-et-Moselle).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu la demande présentée, le 12 juin 1895, par la Société métallurgique de l'Est, concessionnaire des mines de fer du Coulmy (Meurthe-et-Moselle), à l'effet d'obtenir la déclaration d'utilité publique d'un chemin de fer aérien destiné à relier cette mine à l'usine de Gouraincourt, à Longwy;

u l'avant-projet présenté à l'appui de cette demande, et notamment le plan visé, le 11 novembre 1895, par l'ingénieur en chef mines, chargé de l'arrondissement minéralogique de Nancy;

u le procès-verbal des conférences mixtes auxquelles a été mis cet avant-projet;

u les pièces de l'enquête d'utilité publique à laquelle la

demande ci-dessus visée a été soumise, et notamment l'avis de la commission d'enquête, du 14 octobre 1895 ;

Vu l'avis de la chambre de commerce de Nancy, en date du 23 septembre 1895 ;

Vu les rapport et avis des ingénieurs des mines, des 10 et 11 décembre 1895 ;

Vu l'avis du préfet de Meurthe-et-Moselle, du 14 décembre 1895 ;

Vu l'avis du conseil général des mines, du 17 janvier 1896 ;

Vu le cahier des charges arrêté par le ministre des travaux publics, le 11 mai 1896 ;

Vu la loi sur les mines du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, et notamment l'article 44 ;

Vu la loi du 3 mai 1841, sur l'expropriation pour cause d'utilité publique, et l'ordonnance réglementaire du 18 février 1834 ;

Vu les articles 20 et 22 de la loi du 11 juin 1880 (*) ;

Le conseil d'État entendu ;

Décète :

Art. 1^{er}. — Est déclaré d'utilité publique l'établissement d'un chemin de fer aérien destiné à relier la mine de fer du Coulmy à l'usine de Gouraincourt, à Longwy.

La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme non avenue, si les expropriations nécessaires pour l'exécution dudit chemin de fer ne sont pas accomplies dans le délai de dix-huit mois, à partir du présent décret.

Art. 2. — La Société métallurgique de l'Est est autorisée à construire ce chemin de fer à ses frais, risques et périls, suivant le tracé indiqué au plan ci-dessus visé, et conformément aux clauses et conditions du cahier des charges également susvisé.

Les susdits plan et cahier des charges resteront annexés au présent décret.

Art. 3. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 11 mai 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

TURREL.

(*) Volume de 1881, p. 309.

CAHIER DES CHARGES
DU CHEMIN DE FER AÉRIEN DE LA MINE DU COULMY
A L'USINE DE GOURAINCOURT.

TITRE PREMIER.

TRACÉ ET CONSTRUCTION.

Tracé.

Art. 1^{er}. — Le chemin de fer aérien qui fait l'objet du présent cahier des charges partira de l'entrée de la mine du Coulmy et aboutira à l'usine de Gouraincourt.

Il sera établi conformément aux indications du plan d'ensemble présenté, à la date du 12 juin 1895, par la Société métallurgique de l'Est.

Approbation des projets de détail.

Art. 2. — Aucun travail ne pourra être entrepris pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances, qu'avec l'autorisation de l'administration supérieure. A cet effet, les projets de tous les travaux à exécuter seront dressés en double expédition et soumis à l'approbation du ministre, qui prescrira, s'il y a lieu, telles modifications que de droit. L'une de ces expéditions sera remise à la société avec le visa du ministre; l'autre demeurera entre les mains du ministre.

Avant, comme pendant l'exécution, la société aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'elle jugerait utiles; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'administration supérieure.

Exécution des travaux.

Art. 3. — La société n'emploiera dans l'exécution des ouvrages que des matériaux de bonne qualité; elle sera tenue de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des cours d'eau et chemins publics et particuliers seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourraient être admis par l'administration.

Clôture.

Art. 4. — Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition

seront agréés par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle. La société pourra, en vertu des articles 20 et 22 de la loi du 11 juin 1880, être dispensée par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle, de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie, mais elle devra fournir des justifications spéciales pour être dispensée d'en établir :

- 1° Dans la traversée des lieux habités ;
- 2° Dans les parties contiguës à des chemins publics ;
- 3° Sur 10 mètres de longueur au moins de chaque côté des traversées de chemins.

Contrôle et surveillance des travaux.

Art. 5. — Les travaux seront exécutés sous le contrôle et la surveillance de l'administration.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à la sûreté de la circulation. Les chantiers ouverts sur le sol des voies publiques seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Réception des travaux.

Art. 6. — Lorsque les travaux seront terminés, il sera procédé à la reconnaissance de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le ministre désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le ministre autorisera, s'il y a lieu, la mise en marche du chemin de fer.

Bornage et plan cadastral.

Art. 7. — Immédiatement après l'achèvement des travaux, et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne, la société fera faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence d'un représentant de l'administration, ainsi qu'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Elle fera dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas sera dressée aux frais de la société concessionnaire et déposée aux archives de la préfecture.

Les terrains acquis par la société concessionnaire postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral ; addition sera également faite, sur l'atlas, de tous les ouvrages d'art exécutés, postérieurement à sa rédaction.

TITRE II.

ENTRETIEN ET EXPLOITATION.

Entretien.

Art. 8. — Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Si, par suite du défaut d'entretien ou pour toute autre cause, l'exploitation venait à présenter certains dangers, le ministre pourra interdire la circulation des bennes jusqu'à ce que la ligne ait été remise en état et que toute cause de danger ait disparu.

Dans le cas où la facilité ou la sécurité de la circulation sur les voies publiques, ainsi que le libre écoulement des eaux, viendraient à être compromis, le ministre pourra y pourvoir d'office, aux frais de la société.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Mesures de sécurité.

Art. 9. — La société sera tenue de prendre toutes les mesures qui pourront lui être prescrites par le préfet sous l'autorité du ministre, pour assurer la sécurité de l'exploitation.

TITRE III.

CLAUSES DIVERSES.

Art. 10. — Dans le cas où le gouvernement, le département ou les communes ordonneraient ou autoriseraient la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traverseraient la ligne, la société ne pourra s'opposer à ces travaux ; mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucun frais pour la société.

Art. 11. — Il est interdit à la société d'établir sur le chemin de fer aérien un service public de transport.

Art. 12. — Les frais de visite, de surveillance et de reconnaissance des travaux, et de surveillance de l'exploitation seront supportés par la société, et le montant en sera recouvré comme en matière de contributions publiques.

Art. 13. — Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges seront supportés par la société.

Vu pour acceptation :
SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE DE L'EST,
Le directeur gérant,
PUGH.

Approuvé :
Paris, le 11 mai 1896,
Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Décret du Président de la République française, du 13 mai 1896, déclarant d'utilité publique le chemin de fer reliant la mine de fer de BRÉHAIN aux établissements de MICHEVILLE-VILLERUPT (Meurthe-et-Moselle).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Est déclaré d'utilité publique le chemin de fer reliant la mine de fer de Bréhain aux établissements de Micheville-Villerupt, sur les territoires des communes de Thil et de Villerupt.

La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme non avenue, si les expropriations nécessaires pour l'exécution dudit chemin de fer ne sont pas accomplies dans le délai de dix-huit mois, à partir du présent décret.

Art. 2. — MM. Ferry, Curicque et C^{ie} sont autorisés à construire ce chemin de fer à leurs frais, risques et périls, suivant le tracé indiqué au plan ci-dessus visé et conformément aux clauses et conditions du cahier des charges également ci-dessus visé.

Les susdits plan et cahier des charges resteront annexés au présent décret.

*Art. 3. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.*

Fait à Paris, le 13 mai 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

CAHIER DES CHARGES
DU CHEMIN DE FER DE LA MINE DE BRÉHAIN AUX ÉTABLISSEMENTS
DE MICHEVILLE-VILLERUPT.

(EXTRAIT.)

TITRE PREMIER.

TRACÉ ET CONSTRUCTION.

Tracé.

Art. 1^{er}. — Le chemin de fer, qui fait l'objet du présent cahier des charges, partira de la mine de Bréhain et aboutira aux estacades de la mine de Micheville.

Il sera établi conformément aux indications du plan d'ensemble présenté, à la date du 8 mai 1895, par MM. Ferry, Curicque et C^{ie}.

Approbation des projets de détail.

Art. 2. — Aucun travail ne pourra être entrepris... etc. (*).

Vu pour acceptation :
FERRY, CURICQUE et C^{ie}.

Approuvé :
Paris, le 13 mai 1896.
Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

*Décret du Président de la République, du 13 mai 1896, autorisant la SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE ZINC DES CÉVENNES à réunir les concessions de mines de zinc, plomb, argent et autres métaux connexes de SAINT-JULIEN-DE-LA-NEF (Gard) et de zinc, plomb, argent cuivre et autres métaux connexes de GANGES (Hérault) (**).*

(*) Les articles 2 à 13 sont conformes aux articles portant les mêmes numéros du cahier des charges annexé au décret précédent. (Voir p. 348.)

(**) Actes institutifs des concessions: *Saint-Julien-de-la-Nef*, décret du 3 août 1880 (Volume de 1880, p. 242); *Ganges*, décret du 25 juillet 1882 (Volume de 1882, p. 222).

Décret du Président de la République, du 27 mai 1896, autorisant la SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES ARGENTIFÈRES DE PONTPÉAN à effectuer des recherches de minerai de plomb argentifère dans la commune de POULLAOUEN (Finistère), nonobstant le refus du propriétaire du sol.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu la pétition présentée, le 30 novembre 1895, par la Société anonyme des mines argentifères de Pontpéan, à l'effet d'obtenir l'autorisation d'effectuer des recherches de minerai de plomb argentifère dans les parcelles n^{os} 99, 100, 101, 102, 106, section K, de la commune de Poullaouen (Finistère), appartenant à M. de Surrel ; ensemble les pièces à l'appui ;

Les observations de M. de Surrel, du 8 février 1896 et les pièces à l'appui ;

Les rapport et avis du service des mines, des 22-24 avril 1896 ;

L'avis du préfet, du 27 avril 1896 ;

L'avis du conseil général des mines, du 8 mai 1896 ;

Vu la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880,

Décède :

Art. 1^{er}. — La Société anonyme des mines argentifères de Pontpéan est autorisée à effectuer des recherches de minerai de plomb argentifère dans les parcelles n^{os} 99, 100, 101, 102, 106, section K, de la commune de Poullaouen (Finistère), appartenant à M. de Surrel.

Art. 2. — La société permissionnaire paiera, préalablement à tous travaux, au propriétaire du sol, et conformément à la loi du 21 avril 1810, modifiée par celle du 27 juillet 1880, les indemnités qui pourraient lui être dues à raison de l'occupation des terrains.

Art. 3. — La durée de la présente permission est fixée à deux années, qui commenceront à partir du jour où l'indemnité, dont il est question dans l'article précédent, aura été réglée, soit à l'amiable entre les parties, soit, à défaut d'accord, par le tribunal compétent. Elle cessera de plein droit si, avant l'expiration de ces délais, une concession de mines vient à être instituée dans le terrain dont il s'agit.

Art. 4. — Les travaux devront être mis en activité dans un délai de trois mois, à dater de l'époque fixée par l'article précédent.

Art. 5. — Tous travaux d'exploitation sont formellement interdits. La société permissionnaire ne pourra pratiquer que des tra-

354 LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS SUR LES MINES, ETC.

vaux de reconnaissance ou de recherches et sera tenue de se conformer, pour la conduite de ces travaux et la sûreté des ouvriers, aux instructions qui lui seront données par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines.

Il lui est également interdit de disposer du produit de ses recherches, sans y avoir été préalablement autorisée par l'Administration.

ART. 6. — La société permissionnaire tiendra constamment en ordre et à jour, sur le carreau de la mine, le plan des travaux exécutés et un registre constatant les circonstances principales de l'allure des couches, la nature du toit et du mur, le jaugeage des eaux affluentes, les quantités de minerais amenées au jour et le nombre des ouvriers employés, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Ces plan et registre seront communiqués aux ingénieurs et contrôleurs des mines lors de leurs visites.

ART. 7. — La présente autorisation est donnée sous la réserve expresse des droits des tiers et notamment de ceux résultant de l'article 11 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par celle du 27 juillet 1880.

ART. 8. — En cas d'interruption des travaux sans cause reconnue légitime, d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites ou d'infraction aux lois et règlements sur les mines, la permission sera retirée sans préjudice de l'interdiction des travaux, qui pourra être prononcée conformément à l'article 8 de la loi du 27 avril 1838, et des poursuites qui seraient exercées en vertu du titre X de la loi du 21 avril 1810.

ART. 9. — Il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait ultérieurement d'un concessionnaire pour les mines que les travaux auraient fait découvrir.

ART. 10. — Le présent décret sera affiché dans la commune de Poullaouen, à la diligence du maire de cette commune et aux frais de la société permissionnaire, dans le délai d'un mois à partir de la notification qui en aura été faite à cette dernière.

ART. 11. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 27 mai 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

JURISPRUDENCE.

CONSEIL D'ÉTAT.

Décision au contentieux, du 22 mai 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 2 mai 1885 allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée). (Affaire C¹^e DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE contre consorts NEYRET.)

(EXTRAIT.)

Vu : 1^o (n^o 65.593) la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C¹^e des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée dont le siège est à Paris, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligences de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État les 11 août et 26 novembre 1885 et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté en date du 2 mai 1885 par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la compagnie à payer aux consorts Aguillon-Neyret et Sovignet-Neyret, une indemnité de 131.400 fr. 55, à raison de la privation de redevances tréfoncières, qui résultait de l'interdiction prononcée par arrêtés préfectoraux en 1858, 1859 et 1861, d'exploiter une partie de la concession des mines de houille de la Béraudière, au lieu dit la Ricamarie, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne au Puy ;

Ce faisant, attendu que le caractère du droit à redevance tréfoncière proportionnelle est de produire des créances qui ne naissent et ne deviennent liquides que lorsque le charbon a été extrait et que l'ayant-droit ne peut réclamer aucune indemnité à raison de l'interruption de l'extraction pour quelque cause

que ce soit ; qu'en tous cas, le tiers expert dont les conclusions ont été homologuées par le conseil de préfecture, au lieu de rechercher la diminution de valeur vénale subie par la propriété des consorts Neyret, a calculé la quantité de houille existant dans le tréfonds et la durée de l'exploitation ; que l'indemnité ainsi fixée est exagérée ; qu'enfin, les consorts Neyret n'ont droit qu'aux deux tiers des redevances et ne justifient pas avoir conservé le tréfonds de certaines parcelles aliénées ;

Décharger la compagnie requérante de toute condamnation ; subsidiairement ordonner un complément d'expertise ; plus subsidiairement dire que les consorts Neyret, faute de justifier de droits plus étendus, ne recevront que les deux tiers de l'indemnité qui serait fixée et qu'ils n'auront droit à aucune indemnité pour les tréfonds s'étendant sous la route nationale n° 88 et le chemin de fer ; mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge des consorts Neyret ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées par la dame Francoise-Jeanne Neyret veuve Aguillon et Francoise Toussaint veuve Sovignet, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 17 janvier 1887 et tendant au rejet du pourvoi et à la condamnation de la compagnie aux intérêts des intérêts, frais d'expertise et dépens, par les motifs que : pendant la durée de l'interdiction d'exploiter une mine dans l'intérêt de la sécurité d'un chemin de fer, il est certain que le propriétaire de la surface ne touchera plus de redevance ; qu'il souffre donc un dommage dont il lui est dû réparation ; que le tiers expert a recherché la diminution de valeur de la propriété et qu'étant donnés la constitution du gîte minéral de la Ricamarie et les travaux d'exploitation, il a pu déterminer la richesse minérale et les conditions d'exploitation d'une façon suffisamment précise ; que l'indemnité ainsi établie n'est pas exagérée ;

Vu le mémoire en réplique présenté pour la C^o des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ledit mémoire enregistré comme ci-dessus, le 27 octobre 1891 et par lequel elle déclare persister dans ses précédentes conclusions et demander la restitution avec intérêts des sommes qu'elle a payées en exécution de l'arrêté attaqué ; subsidiairement dire que l'indemnité à laquelle auraient droit les propriétaires de la surface ne pourrait être réclamée qu'au concessionnaire de la mine et ne pourrait être qu'une fraction de l'indemnité obtenue par celui-ci ;

Vu le mémoire en réplique des consorts Aguillon-Neyret et

Sovignet-Neyret et en intervention des héritiers Micolon, savoir : le s^r Henri Micolon, la dame Goyard veuve Devuns, tant en son nom que comme tutrice légale des s^{rs} Fernand-Marie-Dominique Devuns et Paul-Pie-Henri Devuns, ses enfants; le s^r Léon-François-Dominique Devuns, les demoiselles Marie Devuns et Marthe Devuns, et Élisabeth Devuns, les s^{rs} Alfred Devuns, René Devuns, Gaston-Jean-Abel Devuns, les s^{rs} Jacques-Alfred Rozet, Jacques Rozet, la dame Fanny Petrot-Rozet, le s^r Claude dit Claudius Rozet, la demoiselle Emma Granjon, mandataire des héritiers Granjon-Rozet, la dame Berthon-Micolon et les s^r et dame Girard; ledit mémoire enregistré comme ci-dessus, le 19 mai 1892 et tendant au rejet du pourvoi et subsidiairement au maintien tant au profit des consorts Neyret que des consorts Micolon de toutes condamnations précédemment prononcées contre la Cⁱ des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, par les motifs que les consorts Neyret et les intervenants réunissent la totalité des droits de redevances sur le massif interdit; que l'acte par lequel le s^r Delainaud, leur auteur, a cédé ses droits aux fondateurs de la Société de la petite Ricamarie, stipulait que ce droit lui ferait retour dans le cas où l'acquéreur n'exploiterait pas jusqu'à complet épuisement de la mine;

Vu : 2^o (n^o 68.534) la requête présentée pour la dame Françoise-Jeanne Neyret veuve Aguillon et la dame Françoise-Toussaint Neyret veuve Sovignet, ladite requête enregistrée comme ci-dessus, le 18 juin 1887, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté en date du 17 décembre 1886, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a rejeté leur demande tendant à faire décider, par interprétation du précédent arrêté en date du 2 mai 1885, que les intérêts de l'indemnité de 131.400 fr. 55 à eux allouée sont dus jusqu'au paiement;

Ce faisant, attendu que l'indemnité de 131.400 fr. 55 se compose du total des redevances dont les requérants ont été privés et des intérêts calculés jusqu'au moment où le tiers expert a arrêté son rapport; qu'il suit de là que ces intérêts doivent continuer à courir jusqu'au règlement définitif; condamner la compagnie à payer les intérêts depuis le 1^{er} juillet 1884 et les intérêts des intérêts et les dépens;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les observations en défense de la Cⁱ des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, enregistrées comme ci-dessus, le 28 janvier 1888 et tendant au rejet du pourvoi avec

dépens, par le motif que le conseil de préfecture a considéré que l'allocation de l'indemnité fixe de 131.400 fr. 55 désintéressait complètement les requérants ;

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée des pourvois ci-dessus visés, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 8 novembre 1888 ; ensemble les avis du conseil général des mines et des ingénieurs ;

Vu les conclusions présentées pour les dames Aguillon -Neyret et Sovignet-Neyret, lesdites conclusions enregistrées comme ci-dessus, le 1^{er} août 1888, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les conclusions additionnelles présentées pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, lesdites conclusions enregistrées comme ci-dessus, le 5 mai 1896, et par lesquelles la compagnie déclare persister dans ses précédentes conclusions et demander les intérêts des intérêts des sommes qu'elle a payées en exécution de l'arrêté attaqué ;

Vu les rapports d'expertise et de tierce expertise ;

Vu les arrêtés d'interdiction pris par le préfet du département de la Loire aux dates des 29 mai 1858, 22 mars 1859 et 16 décembre 1861 ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois du 28 pluviôse an VIII, 24 avril 1810, et 27 juillet 1880 ;

Oùï M. Baudenet, maître des requêtes en son rapport ;

Oùï M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et M^e Sabatier, avocat des consorts Neyret et des consorts Micolon et autres, en leurs observations ;

Oùï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

Considérant que les pourvois ci-dessus visés tendent à l'annulation de deux arrêtés du conseil de préfecture du département de la Loire qui ont statué sur des instances pendantes entre les mêmes parties et ayant pour objet le règlement d'une même indemnité, que, dès lors, il y a lieu de joindre ces pourvois pour y statuer par une seule décision ;

Sur l'intervention des consorts Micolon, Devuns, Rozet, Berthon et Girard :

Considérant que les consorts Micolon et autres qui, en qualité d'ayants-droit des héritiers Micolon-Bérardier, pouvaient prétendre à une partie de la redevance tréfoncière à laquelle aurait donné

lieu l'exploitation du massif interdit, ont intérêt au maintien de l'arrêté attaqué ; que, dès lors, leur intervention est recevable ;

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans la propriété des consorts Neyret, Micolon et autres ne peut donner lieu à aucune indemnité au profit de ceux-ci :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 29 mai 1858, 22 mars 1859 et 19 décembre 1861 ont interdit l'exploitation d'une partie de la concession de la Béraudière, dite mine Delainaud, dans un périmètre de 3 hectares, en vue de protéger le tunnel de la Croix de l'Orme dépendant de la ligne de Saint-Étienne au Puy ; que cette interdiction doit durer jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné ; que, si la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet peut prendre en vertu de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810 dont l'application ne saurait donner lieu à indemnité en faveur soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions sont sans application dans la cause, les arrêtés d'interdiction ayant produit leur effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux propriétaires de la surface un dommage dont la réparation incombe à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

En ce qui concerne la fixation de l'indemnité :

Considérant que, si c'est avec raison que, pour établir la dépréciation de valeur subie par la propriété des consorts Neyret et autres, le tiers expert dont le conseil de préfecture a homologué les conclusions, a cherché à déterminer le nombre et la puissance des couches de houille, contenues dans le massif interdit, que les travaux d'exploration précédemment effectués lui ont permis de reconnaître en grande partie, il résulte de l'instruction qu'il a attribué une importance exagérée à certaines couches de houille que lesdits travaux ne faisaient qu'imparfaitement connaître ; que c'est également à tort que le conseil de préfecture a fait entrer dans le calcul de l'indemnité, les intérêts à partir de la demande qui en a été faite le 13 février 1888, alors que les consorts Neyret ne peuvent justifier qu'il leur appartenait d'exiger à cette date la réalisation de leurs droits à des redevances tréfoncières ;

Considérant que, si la levée de l'interdiction venait à se produire, l'importance des frais que nécessiterait la reprise de l'exploitation, rendrait l'opération si onéreuse qu'il ne peut être fait

état de cette éventualité; qu'en ayant égard à toutes ces circonstances il y a lieu de réformer l'arrêté attaqué et de réduire l'indemnité qu'il a allouée aux propriétaires de la surface à 75.000 francs, somme qui comprend tous les intérêts dont il peut être tenu compte et qui est fixée sans réserve pour le cas où l'interdiction viendrait à être levée ;

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, tendant à l'annulation de l'arrêté du 2 mai 1885, en tant qu'il aurait attribué aux consorts Neyret la totalité et non les deux tiers seulement de l'indemnité :

Considérant que, si les consorts Neyret n'ont pas droit à la totalité de l'indemnité et s'il en revient une partie aux héritiers Micolon, ceux-ci se portent intervenants pour demander le maintien de l'arrêté attaqué ; que, dans ces circonstances, les conclusions de la compagnie doivent être rejetées ;

Sur les conclusions de la compagnie tendant à ce que l'indemnité soit réduite par le motif que certaines parcelles de terrains auraient été aliénées pour l'établissement de la route n° 88 et du chemin de fer :

Considérant que la compagnie soutient que les consorts Neyret n'ont pas conservé le tréfonds de ces parcelles et que, par suite, c'est à tort que le conseil de préfecture n'en a pas fait déduction pour le calcul de l'indemnité ; que la compagnie n'apporte aucune justification à l'appui de ses conclusions, ne précise pas les parcelles qu'elle entend désigner et n'indique pas l'acte par lequel elles auraient été aliénées ; que, dans ces circonstances, il n'y a pas lieu de faire droit à ses conclusions ;

Sur les conclusions des consorts Neyret, tendant à l'annulation de l'arrêté du 17 décembre 1886 par lequel le conseil de préfecture a rejeté leur demande en interprétation de l'arrêté du 5 mai 1885 en ce qui concerne les intérêts de l'indemnité qui leur est allouée ;

Considérant que les dispositions de l'arrêté du 5 mai 1885, qui a alloué aux consorts Neyret pour réparation de tout préjudice par eux éprouvé une indemnité fixe et définitive, ne présentait aucune ambiguïté et que la demande des consorts Neyret, sous prétexte d'interprétation, tendait, en réalité, à obtenir la réformation de cet arrêté ; que, dès lors, leur demande n'était pas recevable ;

Sur les conclusions de la compagnie requérante tendant au remboursement, avec intérêts et intérêts des intérêts, des sommes qu'elle a payées en exécution de l'arrêté attaqué ;

Considérant que l'exécution provisoire des arrêtés des conseils

de préfecture n'a lieu qu'aux risques et périls de ceux qui la poursuivent et la présente décision réformant partiellement l'arrêté déjà exécuté du conseil de préfecture de la Loire, il y a lieu de condamner les consorts Neyret et autres à tenir compte à la compagnie de la différence entre les sommes qui leur sont allouées et celles dont ils ont exigé le paiement, avec intérêts du 1^{er} août 1885, jour où il a été effectué, et intérêts des intérêts du 5 mai 1896, date à laquelle ils ont été régulièrement demandés ;

En ce qui touche les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est à tort que le conseil de préfecture les a partagés par moitié entre les parties ; qu'ils doivent être mis en entier à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décide :

Art. 1^{er}. — L'intervention des consorts Micolon, Devuns, Rozel, Berthon et Girard est admise.

Art. 2. — L'indemnité due par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée aux dames Aguillon-Neyret et Sovignet-Neyret et aux consorts Micolon et autres, à raison de l'interdiction de l'exploitation de la houille dans le tréfonds de leur propriété est réduite de 131.400 fr. 55 à 75.000 francs, somme qui comprend tous les intérêts dont il peut être tenu compte et qui est fixée sans réserve pour le cas où l'interdiction viendrait à être levée.

Art. 3. — La somme payée par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée en sus de celle de 75.000 francs lui sera restituée avec intérêts à partir du 1^{er} août 1885, date à laquelle elle justifie en avoir effectué le paiement ; ces intérêts seront capitalisés au 5 mai 1896 pour porter eux-mêmes intérêts.

Art. 4. — Les frais d'expertise sont mis à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

Art. 5. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire en date du 2 mai 1885, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 6. — Les dépens exposés dans les deux affaires n^{os} 65.533 et 68.534 seront supportés par les dames Aguillon-Neyret et Sovignet-Neyret.

Art. 7. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des travaux publics.

Décision au contentieux. du 22 mai 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire, du 8 janvier 1886 (allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée. — (Affaire C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE contre CONSORTS MERLAT.)

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, agissant poursuites et diligences de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État, les 12 juin et 23 juillet 1886, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté en date du 8 janvier 1886, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la compagnie à payer aux consorts Merlat une indemnité de 30.000 francs avec intérêts à partir du 22 mars 1866, à raison de la privation de redevances tréfoncières qui résulterait de l'interdiction prononcée par arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866, d'exploiter une partie de la concession des mines de houille de Terrenoire, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne à Lyon ;

Ce faisant, attendu que le caractère du droit à redevance tréfoncière proportionnelle est de produire des créances qui ne naissent et ne deviennent liquides que lorsque le charbon a été extrait ; que l'ayant-droit ne peut réclamer aucune indemnité à raison de l'interruption de l'extraction pour quelque cause que ce soit ; qu'en tous cas, le tiers expert, dont les conclusions ont été homologuées par le conseil de préfecture, au lieu de rechercher la diminution de valeur vénale subie par la propriété des consorts Merlat, a calculé la quantité de houille existant dans le tréfonds et la durée de l'exploitation ; que l'indemnité ainsi fixée est exagérée ; qu'enfin, les intérêts n'étaient dus qu'à partir de la demande ; décharger la compagnie requérante de toute condamnation ; subsidiairement, ordonner un complément d'expertise ; dire que les intérêts ne sont dus qu'à partir du 13 novembre 1875 ; mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge des consorts Merlat ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées pour les consorts Merlat, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le

17 janvier 1887, et tendant au rejet du pourvoi et à la condamnation de la compagnie aux intérêts des intérêts, frais d'expertise et dépens, par les motifs que, pendant la durée de l'interdiction d'exploiter une mine dans l'intérêt de la sécurité d'un chemin de fer, il est certain que le propriétaire de la surface ne touchera pas de redevance ; qu'il souffre donc un dommage dont il lui est dû réparation ; que, d'ailleurs, l'arrêté interlocutoire, en date du 10 décembre 1875, qui a reconnu le principe du droit à indemnité, n'a pas été attaqué et est passé en force de chose jugée ; que, si le tiers-expert a cherché à déterminer le nombre et l'épaisseur des couches de houille contenues dans le massif interdit, il a tenu compte aussi des accidents géologiques et des aléas d'exploitation, et que l'indemnité ainsi fixée n'est pas exagérée ; que les intérêts, ayant un caractère compensatoire, ont pu être alloués à partir d'une date antérieure à celle de la demande ;

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 28 novembre 1888 ; ensemble l'avis du conseil général des mines ;

Vu les conclusions présentées pour les consorts Merlat, enregistrées, comme ci-dessus, le 20 février 1888, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu le mémoire en réplique présenté pour les consorts Merlat, ledit mémoire enregistré, comme ci-dessus, le 8 août 1889, et par lequel les consorts Merlat déclarent persister dans leurs précédentes conclusions et demander, en outre, l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les conclusions additionnelles de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, lesdites conclusions enregistrées, comme ci-dessus, en mai 1896, et tendant au remboursement des somme payées en exécution de l'arrêté attaqué, avec intérêts à partir du 29 juin 1886, jour du paiement ;

Vu les rapports des ingénieurs des mines ;

Vu les conclusions des parties devant le conseil de préfecture ;

Vu les rapports d'expertise et de tierce expertise ;

Vu les arrêtés d'interdiction pris par le préfet du département de la Loire, à la date des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Oùï M. Bandenet, maître des requêtes, en son rapport ;

Oùï M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} des chemins de fer de

Paris à Lyon et à la Méditerranée, et M^e Sabatier, avocat des consorts Merlat, en leurs observations ;

Ouï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans le tréfonds de la propriété des consorts Merlat ne peut donner lieu à aucune indemnité :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ont interdit l'exploitation d'une partie de la concession des mines de Terrenoire, en vue de protéger le tunnel de Terrenoire dépendant du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ; que cette interdiction doit durer jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné ; que, si la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet peut prendre en vertu de l'article 50 de la loi du 24 avril 1840, dont l'application ne saurait donner lieu à indemnité en faveur, soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions sont sans application dans la cause, les arrêtés d'interdiction ayant produit leur effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux consorts Merlat un dommage dont la réparation incombe à la compagnie ;

En ce qui touche la fixation de l'indemnité :

Considérant que, pour établir la dépréciation de valeur subie par la propriété des consorts Merlat, le tiers-expert, dont le conseil de préfecture a homologué le rapport, a cherché à déterminer le nombre et la puissance des couches de houille contenues dans le massif interdit, que les travaux d'exploration précédemment effectués lui ont permis de reconnaître ; que, s'il a eu égard aux accidents géologiques et aux difficultés d'extraction, et, dans une certaine mesure, à cette circonstance que la levée de l'interdiction est encore possible, il n'a pas tenu suffisamment compte de ce dernier élément d'appréciation, ni de ce fait qu'une partie du massif interdit avait déjà été l'objet d'un commencement d'exploitation ; que, dans ces circonstances et sans qu'il soit besoin de recourir à un complément d'expertise, l'arrêté attaqué doit être réformé et l'indemnité allouée sans réserve aux consorts Merlat, en réparation de tout le préjudice qu'ils ont éprouvé, réduite à 20.000 francs ;

Sur les conclusions de la compagnie requérante tendant à faire décider que l'indemnité allouée aux consorts Merlat ne portera intérêts qu'à partir du 13 novembre 1875, jour de la demande :

Considérant que l'indemnité de 20.000 francs accordée aux consorts Merlat constitue la réparation complète du préjudice qu'ils ont éprouvé, et qu'ainsi c'est à tort que le conseil de préfecture leur a alloué les intérêts de cette indemnité à partir du 22 mars 1866, date de l'interdiction ; qu'ils ne doivent commencer à courir, conformément aux conclusions de la compagnie requérante, qu'à partir du 13 novembre 1875, jour de la demande ;

Sur les intérêts des intérêts :

Considérant que les consorts Merlat ne justifient les avoir demandés que les 17 janvier 1887, 20 février 1888 et 8 août 1889, postérieurement au paiement effectué par la compagnie, le 29 juin 1886 ;

Sur les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est avec raison que le conseil de préfecture les a mis en entier à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité allouée par l'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 8 janvier 1886, aux consorts Merlat, à raison de l'interdiction d'exploiter le tréfonds de leur propriété, est réduite de 30.000 à 20.000 francs, somme fixée sans réserve pour le cas où l'interdiction viendrait à être levée.

Art. 2. — Les intérêts de cette indemnité ne commenceront à courir au profit des consorts Merlat qu'à partir du 13 novembre 1875.

Art. 3. — Les sommes payées par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée en sus de celles auxquelles les consorts Merlat ont droit en vertu des dispositions qui précèdent, lui seront restituées avec intérêts, à partir du 29 juin 1886, date à laquelle elle justifie en avoir effectué le paiement.

Art. 4. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 8 janvier 1886, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 5. — Le surplus des conclusions des parties est rejeté.

Art. 6. — Les dépens seront supportés par les consorts Merlat.

Art. 7. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des travaux publics.

Décision au contentieux, du 22 mai 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 2 décembre 1887 (allocation d'une indemnité à raison de l'interdiction d'exploiter une partie d'une concession de mines aux abords d'une voie ferrée).
— (AFFAIRE C¹^o DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE CONTRE SOCIÉTÉ CIVILE DE LA PETITE RICAMARIE.)

(EXTRAIT.)

Vu : 1^o (n^o 69.783) la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C¹^o des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée dont le siège est à Paris, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligences de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État les 6 avril et 2 juin 1888 et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté, en date du 2 décembre 1887, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la compagnie requérante à payer à la C¹^o des mines de houille de la Béraudière, représentée par la Société civile de la petite Ricamarie, une somme de 150.000 francs avec intérêts, pour la réparation du dommage résultant de l'interdiction d'exploiter une fraction de la concession de la Béraudière d'une étendue de 3 hectares, au lieu dit la Ricamarie, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne au Puy;

Ce faisant, attendu que l'amodiation partielle d'une mine sans autorisation est entachée d'une nullité d'ordre public en vertu de l'article 7, § 2, de la loi du 21 avril 1810; que le périmètre de la mine de la Ricamarie, qui a 24 hectares, a été détaché, par suite d'une amodiation, de la concession de la Béraudière dont la surface est de 680 hectares; qu'ainsi c'est à tort que le conseil de préfecture, conformément au rapport des experts, a réglé l'indemnité due à raison de l'interdiction prononcée par les arrêtés préfectoraux des 19 mai 1858, 22 mars 1859 et 19 décembre 1861, d'après le dommage qui aurait été causé à la mine de la Ricamarie et non à la concession de la Béraudière tout entière; que le préjudice causé à cette concession, étant donnée son étendue, est insignifiant; qu'en tout cas l'indemnité de 150.000 francs allouée par le conseil de préfecture est exagérée; qu'en effet plusieurs de ses éléments font double emploi, et qu'elle a été calculée sans tenir compte des risques qu'eût comportés l'extraction; qu'enfin les intérêts ayant le caractère d'intérêts compensatoires ont été accordés à tort depuis le jour de la demande;

Dire que la compagnie requérante ne peut avoir d'indemnité à régler qu'avec les concessionnaires des mines de la Béraudière et que le dommage souffert par eux est nul; subsidiairement que ce préjudice ne peut être évalué à plus de 15.000 francs; qu'enfin il n'est pas dû d'intérêts; condamner la Société houillère de la petite Ricamarie à supporter les frais d'expertise et les dépens;

Vu l'arrêté attaqué; ensemble l'arrêté du 27 novembre 1868, qui a ordonné une expertise;

Vu les observations en défense de la Société houillère de la petite Ricamarie, dont le siège est à Paris, 9, rue Bassano, agissant poursuites et diligences de ses directeur et administrateurs en exercice, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 17 octobre 1888 et tendant au rejet du pourvoi et à la condamnation de la compagnie requérante aux dépens, par les motifs: que les conventions passées entre la compagnie de la Béraudière et le s^r Delainaud, aux droits duquel est la Société de la petite Ricamarie, sont des arrangements entre associés, qui ne constituent pas une violation de l'article 7 de la loi du 21 avril 1810 et qui peuvent donner naissance à des droits; que d'ailleurs les éléments d'appréciation du dommage sont indépendants de l'étendue de la concession; que dans l'espèce le préjudice subi a pu être évalué d'après le cube du charbon qui aurait été extrait, déduction faite des aléas d'exploitation et des charges; qu'aucun des éléments de l'indemnité ne constitue un double emploi; qu'enfin les intérêts sont dus à partir du jour de la demande, en vertu de l'article 1153 du code civil et en tous cas à titre de dommages-intérêts;

Vu: 2^e (n^o 69.983) la requête présentée pour la Société houillère de la petite Ricamarie, enregistrée comme ci-dessus le 26 mai 1888 et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler l'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture de la Loire;

Ce faisant, attendu que l'exploitation ne pourra jamais être reprise dans la partie interdite de la mine et qu'ainsi c'est à tort que le conseil de préfecture, en prévision de cette hypothèse a réduit de 2.000 francs l'indemnité due à la société requérante à raison de la privation de jouissance du massif interdit et ne l'a fixée qu'à 110.000 francs; que ce chiffre est lui-même insuffisant et qu'il doit être fixé à 180.200 francs et qu'il y a lieu d'augmenter également les indemnités allouées à raison de la surélévation du prix de revient dans la partie non interdite de la mine et à raison des travaux devenus inutiles; qu'enfin les intérêts des intérêts sont dus bien que la société requérante ait soulevé une excep-

tion d'incompétence à laquelle elle a renoncé par un désistement ;

Condamner la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à payer à la Société de la petite Ricamarie une indemnité totale de 244.846 fr. 77 avec intérêts et intérêts des intérêts et dépens ;

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée des pourvois ci-dessus visés, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 27 mars 1890 ; ensemble les avis du conseil général des mines et des ingénieurs ;

Vu le mémoire en réplique présenté pour la Société houillère de la petite Ricamarie, ledit mémoire enregistré comme ci-dessus, le 16 avril 1891 et par lequel la société déclare persister dans ses précédentes conclusions ;

Vu le mémoire en réplique et en défense présenté pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ledit mémoire enregistré comme ci-dessus, le 27 octobre 1891 et par lequel la compagnie déclare persister dans les conclusions de son recours et conclure au rejet de la requête de la Société de la petite Ricamarie avec dépens ;

Vu les rapports d'expertise et de tierce expertise ;

Vu les conclusions nouvelles présentées pour la Société houillère de la petite Ricamarie, lesdites conclusions enregistrées comme ci-dessus les 21 octobre 1889, 9 décembre 1890, 10 décembre 1891, 15 décembre 1892, 12 décembre 1893, 12 décembre 1894 et 13 octobre 1895, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les arrêtés d'interdiction pris par M. le préfet du département de la Loire ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Oùï M. Baudenet, maître des requêtes, en son rapport ;

Oùï M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et M^e Morillot, avocat de la Société houillère de la petite Ricamarie, en leurs observations ;

Oùï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

Considérant que les deux pourvois ci-dessus visés sont dirigés contre le même arrêté et qu'il y a lieu de les joindre pour y statuer par une seule décision ;

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que la Société de la petite Ricamarie est sans qualité pour poursuivre la réparation du dommage résultant de l'interdiction :

Considérant que, si aux termes de l'article 7, § 2, de la loi du 21 avril 1810, une mine ne peut être vendue par lots ou partagée sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes formes que la concession, cette disposition ne fait pas obstacle à ce que les concessionnaires se partagent comme bon leur semble les produits, par des conventions particulières; que, dès lors, les produits de la mine Delainaud ont pu être valablement attribués à la Société de la petite Ricamarie, ainsi d'ailleurs que cela a été reconnu dans une instance entre cette société, la C^{ie} des houillères de la Béraudière et les consorts Neyret, par arrêts de la cour de Lyon, en date du 9 juin 1893, et de la cour de cassation, en date du 25 avril 1895; que les produits du périmètre interdit étant au nombre de ceux de la mine précitée, la compagnie requérante n'est pas fondée à soutenir que la Société de la petite Ricamarie n'a pas qualité pour poursuivre la réparation de la privation de jouissance que l'interdiction lui a causée;

En ce qui concerne l'indemnité relative à la partie interdite de la mine.

Considérant qu'il résulte de l'instruction que, pour fixer le montant de cette indemnité, c'est avec raison que le conseil de préfecture a cherché à déterminer la consistance du gîte minéral contenu dans le périmètre interdit, que les travaux d'exploration qui avaient précédemment eu lieu lui ont permis de reconnaître en grande partie et qu'il a eu égard aux causes de toute nature qui auraient pu influencer sur l'exploitation ;

Mais considérant, d'une part, qu'il résulte de l'instruction que le conseil de préfecture n'a pas tenu suffisamment compte de la puissance de certaines couches de houille, et, d'autre part, que si la levée de l'interdiction venait à se produire, l'importance des frais que nécessiterait la reprise de l'exploitation rendrait l'opération si onéreuse qu'il ne peut être fait état de cette éventualité; qu'en tenant compte de toutes ces circonstances il y a lieu de porter de 110.000 francs à 135.000 francs l'indemnité allouée par le conseil de préfecture à la Société de la petite Ricamarie, pour la privation des produits du massif interdit ;

En ce qui concerne la partie non interdite de la mine : sur les conclusions de la C^{ie} Paris-Lyon-Méditerranée tendant à la sup-

pression de l'indemnité de 24.000 francs allouée à raison du préjudice causé par l'augmentation du prix de revient du charbon, par suite de la réduction de l'extraction, et de l'indemnité de 13.500 francs afférente au manque de charbon de bonne qualité pour les mélanges :

Considérant qu'il résulte de l'instruction que l'interdiction d'une partie du périmètre n'a eu pour effet d'augmenter le prix de revient du charbon et de créer des difficultés pour les mélanges du charbon provenant des glanages avec la houille de bonne qualité, que par suite de la division de l'exploitation ; qu'il n'y a pas lieu de tenir compte des conséquences des arrangements passés entre les auteurs de la Société de la petite Ricamarie et les autres concessionnaires de la Béraudière en vue d'assurer cette division ; que, dès lors, la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée est fondée à soutenir que c'est à tort que ces indemnités ont été accordées par le conseil de préfecture ;

En ce qui concerne l'indemnité de 2.500 francs allouée à raison des travaux d'exploration devenus inutiles :

Considérant qu'il résulte de l'instruction que certains travaux d'exploration à l'étage de 142 mètres exécutés suivant les ordres de l'administration sont devenus en grande partie inutiles pour l'exploitation, par suite de l'interdiction prononcée ; que l'indemnité de 2.500 francs allouée par le conseil de préfecture à raison de ce préjudice est insuffisante, et qu'il y a lieu de la fixer conformément au rapport du tiers expert à 18.000 francs ;

En ce qui concerne les intérêts :

Considérant que la Société de la petite Ricamarie ne justifie pas de son droit à une indemnité exigible dès le 13 février 1868, date à laquelle elle a demandé les intérêts pour la première fois ; qu'il en était autrement à raison de l'achèvement de l'exploitation de la mine Delainaud, lorsque la société a formé, le 9 décembre 1885, une nouvelle demande d'intérêts ; que c'est donc seulement à partir de cette date qu'il y a lieu de lui allouer les intérêts ;

En ce qui concerne les intérêts des intérêts :

Considérant que la Société de la petite Ricamarie est fondée à demander les intérêts des intérêts, à partir des 26 mai 1888, 21 octobre 1889, 9 décembre 1890, 10 décembre 1891, 15 décembre 1892 et 12 décembre 1894, dates auxquelles ils lui étaient dus depuis plus d'un an ; que c'est à tort que, pour rejeter ses demandes de capitalisation d'intérêts, l'arrêté attaqué s'est fondé sur ce que la société aurait retardé la solution du litige pendant entre elle et la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la

Méditerranée, en soulevant devant le conseil de préfecture, puis en appel devant le conseil d'État une exception d'incompétence à laquelle elle aurait renoncé ensuite par un désistement;

En ce qui concerne les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est à tort que le conseil de préfecture les a partagés par moitié entre les parties; qu'ils doivent être mis en entier à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité à laquelle a droit la Société houillère de la petite Ricamarie à raison de la privation des produits du massif interdit est portée à 135.000 francs.

L'indemnité de 2.500 francs, allouée par le conseil de préfecture à raison des travaux d'exploration devenus inutiles par suite de l'interdiction, est portée à 18.000 francs ;

Les indemnités de 24.000 francs afférentes à l'augmentation du prix de revient du charbon dans le massif non interdit, et de 13.500 francs afférente au manque de charbon de bonne qualité pour les mélanges sont supprimées ;

En conséquence, l'indemnité totale à payer à la Société houillère de la petite Ricamarie est fixée à 153.000 francs ;

Art. 2. — L'indemnité de 153.000 francs portera intérêts à partir du 9 décembre 1885.

Art. 3. — Les intérêts de cette indemnité seront capitalisés pour porter intérêts eux-mêmes à partir des 26 mai 1888, 21 octobre 1889, 9 décembre 1890, 10 décembre 1891, 15 décembre 1892 et 12 décembre 1894.

Art. 4. — Les frais d'expertise sont mis en totalité à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Art. 5. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 2 décembre 1887, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 6. — Le surplus des conclusions des parties est rejeté.

Art. 7. — Les dépens exposés dans l'affaire n° 69.783 seront supportés par la Société de la petite Ricamarie ;

Les dépens exposés dans l'affaire n° 69.983 seront supportés pour moitié par elle et pour moitié par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Art. 8. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des travaux publics.

Décision au contentieux, du 22 mai 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 8 mai 1888 (allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée). — (Affaire consorts THIOLLIÈRE contre C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE.)

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour les s^{rs} Thiollière (Pierre), demeurant à Lyon, rue Puits-Gaillot, n^o 27; Berthail (Balthazar), demeurant dans la commune d'Izieux; et Tardy (Pierre), demeurant à Saint-Étienne, place Bellevue; ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État, les 10 et 22 décembre 1888, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté en date du 8 mai 1888, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire, à raison du dommage que leur aurait causé l'interdiction d'exploiter les couches de houille existant dans une zone de 100 mètres de largeur de chaque côté du tunnel de Terrenoire, comprise pour une surface de 56.100 mètres carrés, dans le tréfonds de leur propriété, a condamné la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à leur payer une indemnité de 12.871 francs avec intérêts du jour de la demande et a réservé une indemnité de 1.095 fr. 50 afférente au tréfonds d'un chemin vicinal, jusqu'à la décision de la juridiction compétente sur la propriété de ce tréfonds;

Ce faisant, attendu que l'indemnité de 0 fr. 70 par mètre carré allouée par le conseil de préfecture, a été fixée en tenant compte des zones stériles, aussi bien que des zones riches en houille; que dès lors elle doit être appliquée à toute la surface interdite; que l'indemnité de 1.095 fr. 50 afférente au tréfonds du chemin vicinal de Terrenoire à Saint-Étienne, dont la propriété n'était pas contestée, a été réservée à tort; que les intérêts doivent remonter au jour de l'interdiction; qu'enfin, la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée n'a point notifié d'offres aux requérants et a, au contraire, le 5 mai 1888, conclu au rejet pur et simple de leur demande;

Condamner la compagnie à payer aux requérants une indemnité de 133.314 fr. 83 ou, tout au moins, de 74.329 fr. 95 avec

intérêts à partir du 3 juillet 1857 et intérêts des intérêts, sans réserves pour l'indemnité afférente au tréfonds des chemins vicinaux ;

Mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge de la compagnie ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les mémoires en défense et recours incident présentés pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligences de son directeur en exercice, lesdits mémoires et recours enregistrés comme ci-dessus le 14 août 1889, et tendant à ce qu'il plaise au conseil rejeter le pourvoi ; dire que les consorts Thiollière n'ont droit à aucune indemnité, et subsidiairement réduire à 4.718 fr. 40 avec intérêts du jour de la demande celle qui a été allouée par le conseil de préfecture ; réserver jusqu'à la décision de l'autorité compétente pour juger la question de propriété, l'indemnité afférente au tréfonds des deux chemins vicinaux de Terrenoire à Saint-Étienne et de Terrenoire aux Hauts-Fourneaux ; annuler les réserves faites en vue de la découverte de nouvelles couches de houille ; mettre les frais d'expertise et les dépens en entier à la charge des consorts Thiollière ;

Attendu que le droit à redevance est subordonné au fait de l'extraction ; qu'en tous cas l'indemnité doit être réduite à raison de ce qu'une partie du massif interdit a été rendue à l'exploitation à la suite de l'arrêté préfectoral du 2 août 1882, et de ce que pour le surplus l'interdiction n'est pas définitive ; que l'indemnité allouée par le conseil de préfecture est inférieure aux offres faites par la compagnie avant la deuxième expertise ;

Vu les observations du ministre des travaux publics, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 9 janvier 1891 ; ensemble l'avis du conseil général des mines, et les rapports des ingénieurs des mines ;

Vu le mémoire en réplique présenté pour les s^{rs} Thiollière, Berthail et Tardy, ledit mémoire enregistré comme ci-dessus, le 19 mars 1891, et par lequel les requérants déclarent persister dans leurs précédentes conclusions et demander en outre : 1^o que le recours incident de la compagnie soit rejeté comme non recevable en tant qu'il conteste le principe du droit à indemnité sur lequel il y a chose jugée par l'arrêté du conseil de préfecture de la Loire des 12 mars 1869 et 19 février 1886, et comme mal-fondé pour le surplus ; 2^o que pour le cas où le conseil d'État annulerait

la disposition de l'arrêté attaqué qui contient une réserve en vue de la découverte de nouvelles couches de houille, l'indemnité soit calculée à raison de 1 fr. 35 le mètre carré ; 3° que les intérêts des intérêts soient alloués aux requérants ;

Vu les conclusions des consorts Thiollière, enregistrées comme ci-dessus, le 23 janvier 1895, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les conclusions additionnelles de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, lesdites conclusions enregistrées comme ci-dessus, le 5 mai 1896, et tendant au remboursement des sommes payées en exécution de l'arrêté attaqué, avec intérêts, à dater du 2 juillet 1890, jour du paiement ;

Vu les arrêtés du préfet du département de la Loire, en date des 3 juillet 1857, 1^{er} mars 1866 et 2 août 1882 ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Ouï M. Baudenet, maître des requêtes, en son rapport ;

Ouï M^e Mornard, avocat des consorts Thiollière, et M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en leurs observations ;

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans le tréfonds de la propriété des consorts Thiollière ne peut donner lieu à aucune indemnité :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ont interdit l'exploitation de la houille dans le voisinage du tunnel de Terrenoire en vue de protéger cet ouvrage ; que si la reprise de l'exploitation a été autorisée dans une partie de la zone interdite par arrêté préfectoral du 2 août 1882, l'interdiction doit se prolonger pour le surplus jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné, et que si, d'autre part, la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet peut prendre en vertu de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, dont l'application ne peut donner lieu à indemnité en faveur soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions ne sauraient faire refuser tout droit à indemnité aux requérants, les arrêtés d'interdiction ayant produit effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux consorts Thiollière un dommage

dont la réparation incombe à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

En ce qui concerne la fixation de l'indemnité :

Considérant que, pour apprécier le dommage souffert par les consorts Thiollière, le conseil de préfecture a pris pour base de ses évaluations, la différence existant entre la valeur du tréfonds, au moment de l'interdiction, et celle qu'il a conservée depuis ; que c'est avec raison que le conseil de préfecture a recherché, en outre, le nombre et la puissance des couches de houille contenues dans le massif interdit, et qu'il a distingué une première zone de 15.945 mètres cubes riche en houille et une deuxième zone de 40.155 mètres cubes ne contenant aucun gisement exploitable : qu'il a eu égard, enfin, à ce qu'une partie importante du massif interdit a été rendue à l'exploitation en vertu de l'arrêté préfectoral du 2 août 1882 ;

Mais considérant, d'une part, que le conseil de préfecture n'a pas tenu suffisamment compte de ce que la levée de l'interdiction maintenue en partie par cet arrêté est encore possible ;

Considérant, d'autre part, qu'il résulte de l'instruction qu'antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 qui a étendu à la protection des voies de communication l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, il n'avait été reconnu dans le massif interdit d'autres gisements exploitables que ceux qui sont compris dans la première zone de 15.945 mètres cubes ; que dès lors, c'est à tort que le conseil de préfecture a accordé à raison d'autres gisements que leur peu de richesse rendait inexploitable, une indemnité de 2.805 francs et qu'il a, en outre, réservé aux consorts Thiollière le droit de réclamer une indemnité à raison des nouvelles couches de houille qui viendraient à être découvertes ;

Considérant qu'il résulte de tout ce qui précède que l'indemnité à laquelle les consorts Thiollière ont droit et dont ils sont fondés à réclamer dès à présent le paiement, doit être réduite à 8.500 francs ;

Considérant, enfin, que c'est avec raison que le conseil de préfecture a réservé l'indemnité afférente au tréfonds du chemin de Terrenoire à Saint-Étienne, le seul qui contienne un gisement exploitable, jusqu'à ce que les consorts Thiollière aient justifié de leur droit de propriété sur ce tréfonds, mais que la somme de 1.095 fr. 50 à laquelle il a évalué éventuellement cette indemnité est exagérée, et que par les motifs précédemment exposés elle doit être réduite à 800 francs ;

En ce qui concerne les intérêts :

Considérant que l'indemnité accordée aux consorts Thiollière constitue la réparation complète du préjudice éprouvé par eux; qu'ils ne sont donc pas fondés à soutenir que les intérêts de cette indemnité auraient dû leur être alloués à partir du 3 juillet 1857, date du premier arrêté d'interdiction; que c'est avec raison que le conseil de préfecture, conformément aux conclusions de la C^{te} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ne leur a accordé ces intérêts qu'à partir du 7 mai 1867, jour de la demande;

En ce qui concerne les intérêts des intérêts :

Considérant qu'il y a lieu de faire droit à la demande de capitalisation d'intérêts présentée par les consorts Thiollière le 22 décembre 1888, date à laquelle ces intérêts étaient dus depuis plus d'un an, mais non aux demandes présentées le 19 mars 1891 et 25 janvier 1895, postérieurement au paiement effectué par la compagnie le 2 juillet 1890 ;

En ce qui concerne les frais d'expertise :

Considérant que les consorts Thiollière n'établissent pas que les offres de la compagnie constatées par l'arrêté attaqué n'aient pas été valablement faites; que la compagnie n'a conclu au rejet de toute demande d'indemnité que dans ses observations en date du 5 mars 1888, postérieures au dépôt du dernier rapport d'experts et que les requérants ne sont pas fondés à soutenir que c'est à tort que dans les circonstances de l'affaire, le conseil de préfecture a mis un tiers des frais d'expertise à leur charge et le surplus à la charge de la compagnie.

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité allouée aux consorts Thiollière par l'arrêté ci-dessus visé, en date du 8 mai 1888, et dont ils peuvent, dès maintenant, réclamer le paiement, est réduite de 12.871 francs à 8.500 francs.

L'indemnité à fixer éventuellement comme afférente au tréfonds du chemin de Terrenoire à Saint-Étienne et qui est réservée jusqu'à ce que les consorts Thiollière aient justifié de leur droit de propriété sur ce tréfonds est réduite de 1.095 fr. 50 à 800 francs;

Ces indemnités sont fixées sans aucune réserve en vue du cas où de nouvelles couches de houille seraient découvertes dans le tréfonds de la propriété des consorts Thiollière.

Art. 2. — Les sommes payées par la C^{te} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en sus de celles à laquelle les sieurs Thiollière et autres sont reconnus avoir droit, lui seront

restituées avec intérêts du 2 juillet 1890, date à laquelle la compagnie justifie en avoir effectué le paiement.

Art. 3. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 8 mai 1888, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 4. — Les intérêts de l'indemnité à laquelle les requérants sont reconnus avoir droit seront capitalisés à la date du 22 décembre 1888, pour porter eux-mêmes intérêts.

Art. 5. — Le surplus des conclusions des parties est rejeté.

Art. 6. — Les dépens seront supportés par les consorts Thiollière.

Art. 7. — Expédition de la présente décision sera transmise au ministre des travaux publics.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

DÉCÈS.

	Date du décès
M. Dupont, Inspecteur général de 2 ^e classe, en retraite.....	18 mai 1896.
M. Voisin (Armand), Ingénieur en Chef de 2 ^e classe.....	20 mai 1896.
M. Daubrée, Inspecteur général de 1 ^{re} classe, en retraite.....	29 mai 1896.

CONGÉ RENOUVELABLE.

Arrêté du 7 mai 1896. — M. Rolland, Ingénieur en Chef de 2^e classe, est maintenu dans la situation de congé renouvelable pour une nouvelle période de cinq ans et autorisé à conserver les fonctions de Directeur de la Société d'études pour la construction d'une voie ferrée de Biskra à Ouargla et prolongements.

II. — Contrôleurs des Mines.

NOMINATION.

20 mai 1896. — M. Simon (Louis), Commis des Ponts et Chaussées, admissible au concours de 1894, avec le n^o 8, est nommé Contrôleur des mines de 4^e classe et attaché, dans le département de la Seine, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

DÉCÈS.

Date du décès.

M. Stopin (Valentin), Contrôleur de 2^e classe, en disponibilité..... 21 mai 1896.

M. Morel (Louis), Contrôleur de 1^{re} classe Seine, — service de surveillance des appareils à vapeur..... 30 mai 1896.

RETRAITES.

Date d'exécution.

M. Cadiou (Pierre), Contrôleur principal (Ille-et-Vilaine, — service du sous-arrondissement minéralogique de Nantes)..... 1^{er} juin 1896.

M. Bonvin (Gustave), Contrôleur principal (Seine, — service de la Direction du Contrôle des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée)..... 1^{er} juillet 1896.

DÉCISIONS DIVERSES.

20 mai 1896. — **M. Jamet**, Contrôleur de 3^e classe, attaché, dans le département de la Seine, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, passe au service de la Direction du Contrôle du même réseau.

Il reste, en outre, attaché au 1^{er} arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique.

III. — Commis des mines.

DÉMISSION.

5 mai 1896. — Est acceptée la démission de **M. Mathieu** (Justin), Commis de 4^e classe, en congé pour affaires personnelles.

DÉCISIONS DIVERSES.

12 mai 1896. -- M. **Fauch** (Antonin), Commis de 3^e classe dans le département du Tarn, au service du sous-arrondissement minéralogique d'Albi, passe, dans le département Haute-Garonne, à la résidence de Toulouse, au service de l'arrondissement minéralogique de Toulouse-Est.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION

Arrêté du 11 mai 1896. — Le contrôle de l'exploitation des chemins de fer du Cluzel à Roche-la-Molière et de ses embranchements établis comme lignes d'intérêt général sera exercé par les ordres des chefs de service du contrôle du réseau de la région de Lyon et à la Méditerranée, par les fonctionnaires ci-dessous désignés :

I. — Contrôle de la voie et des bâtiments et de l'exploitation technique :

M. **Coste**, Ingénieur ordinaire des Mines, à Saint-Étienne.

II. — Contrôle de l'exploitation commerciale :

M. **Lacoste**, Inspecteur particulier de l'exploitation commerciale des chemins de fer à Paris.

III. — Surveillance administrative :

M. **Lafond**, Contrôleur des mines, à Saint-Étienne.

Fig 4. So

pe verticale

aux fois et donne
duplan pour les
une grande pour

et 4. Grotte

Fig 3. So

entre L.

D

Ancien

Grande
Grotte

dra

Jantes du

Loup

1

1

1

1

1

R

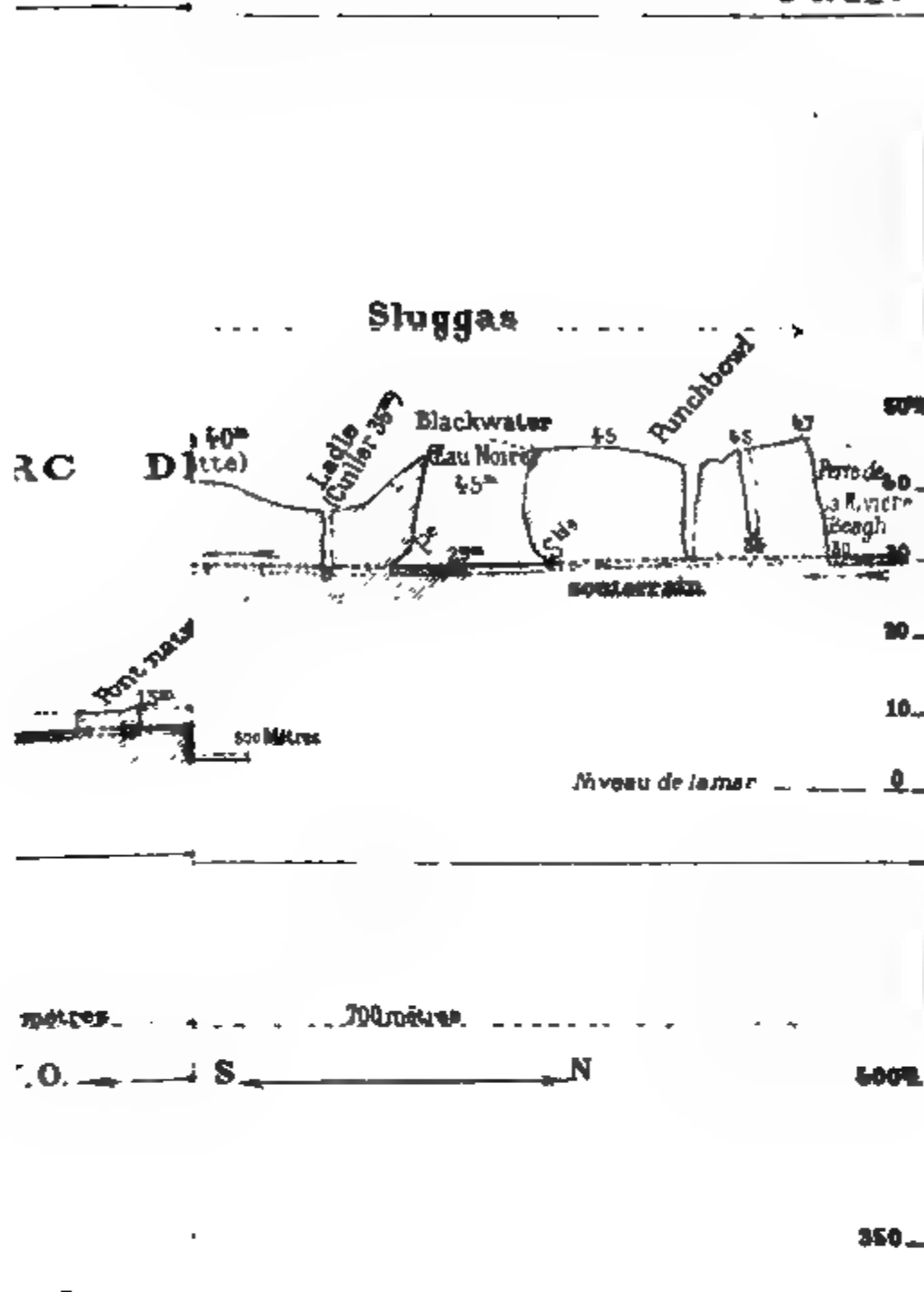
5 mètres

N.O. →

Mine
mine de charbon de terre

urs est le trip
rs

Tome X,

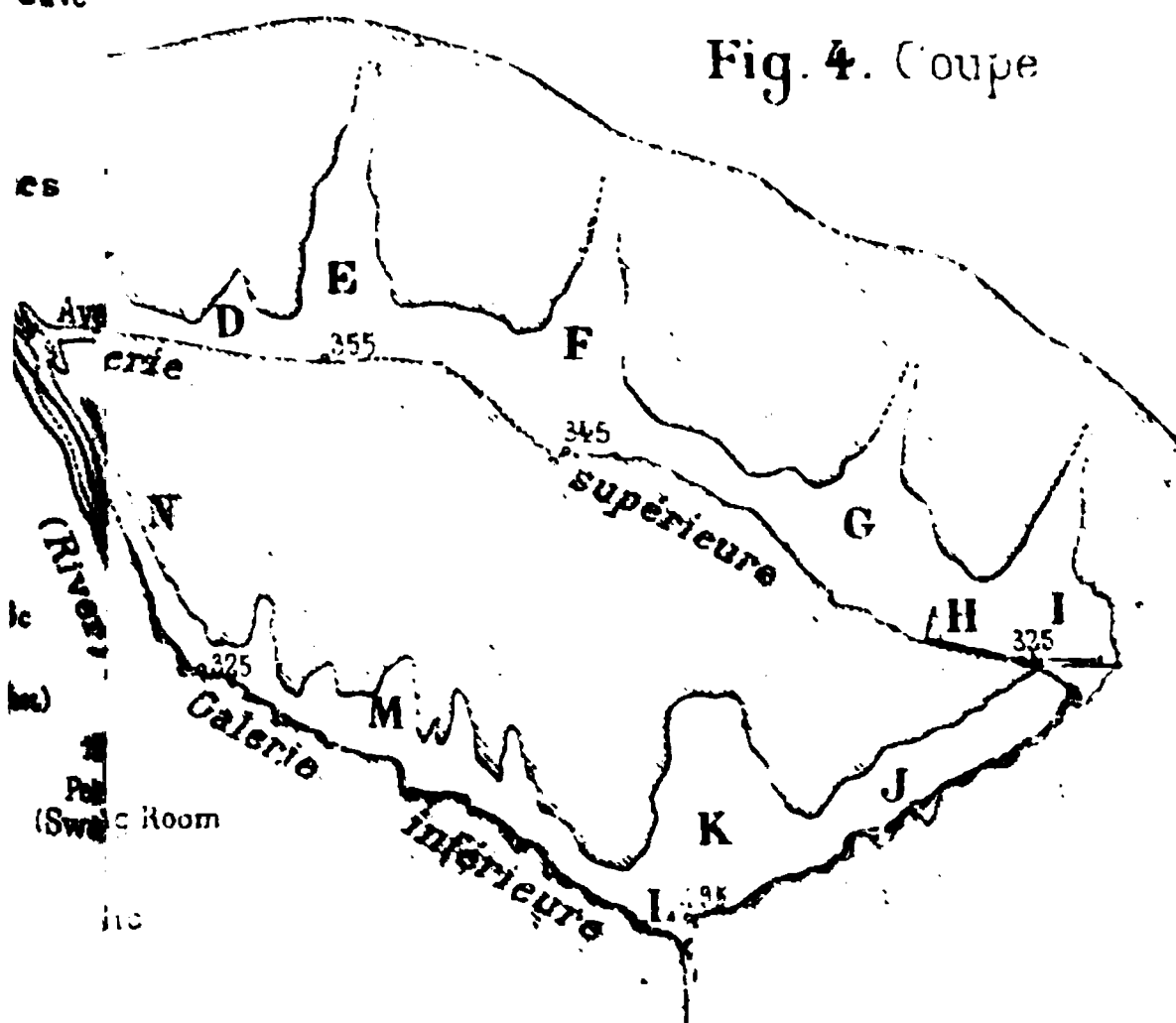


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Blue John Mine a Castleton (Derbyshire)

Levé sommaire et partiel

Fig. 4. Coupe

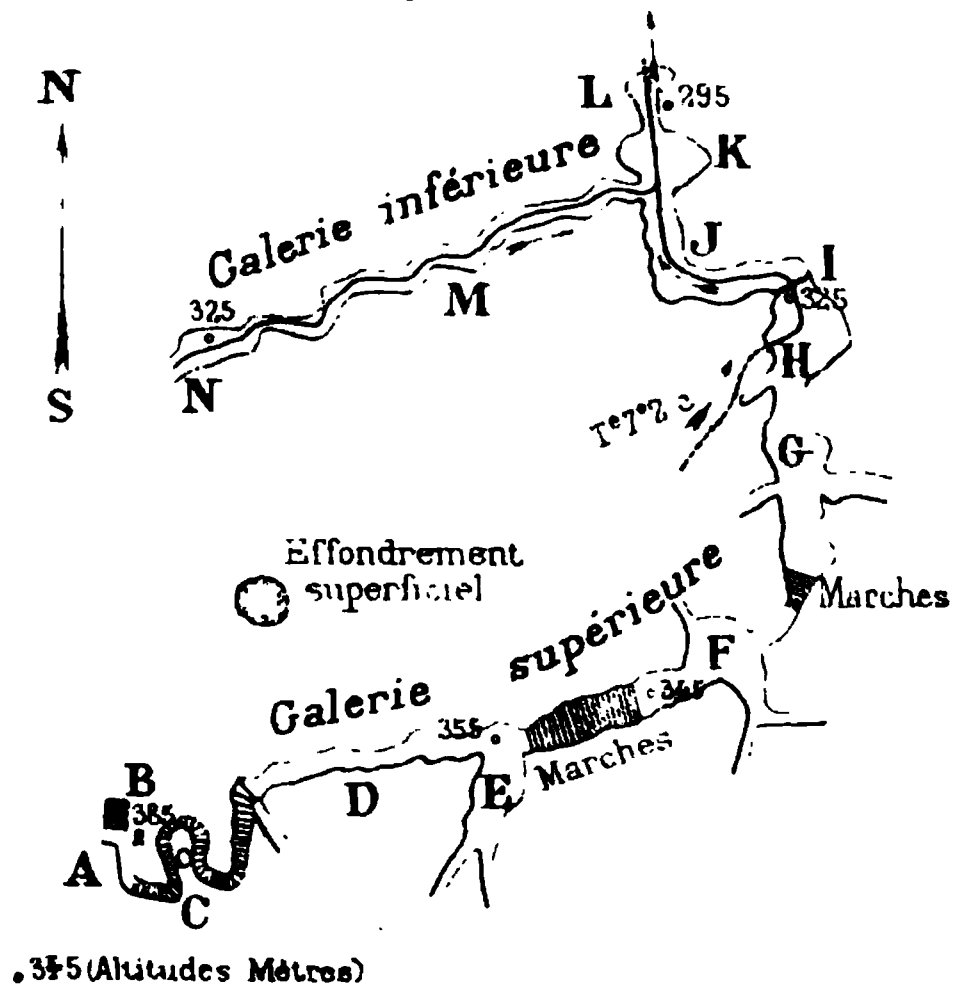


Echelles

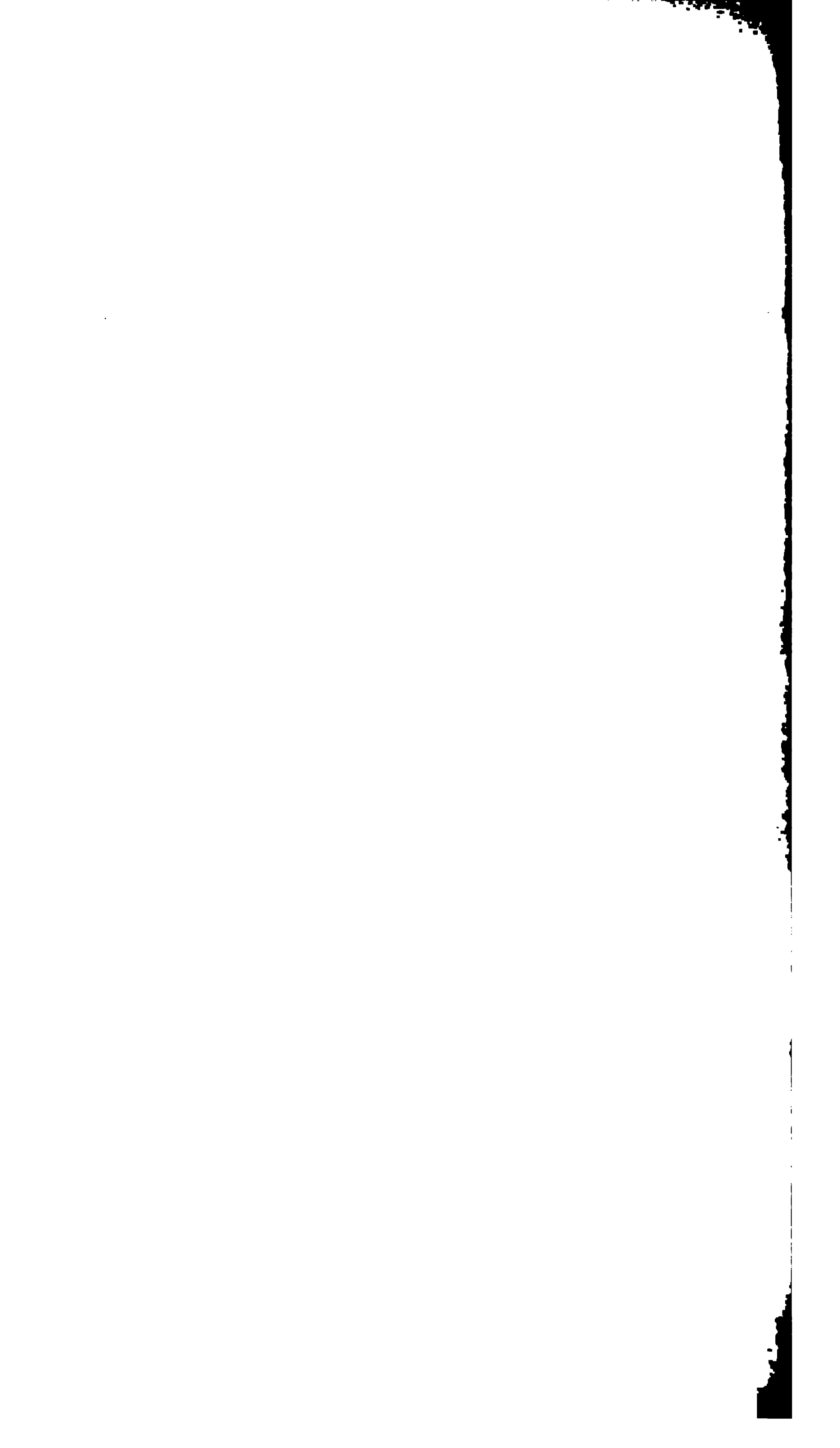
Hauteurs (environ) 1/1666

Longueurs (environ) 1/3253

Fig. 3. Plan



355 (Altitudes Mètres)



Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

**PÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
POMPES ET VENTILATEURS**

Moteur accouplé directement à une pompe

& O. G. PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

M IN D'EXPOSITION

10 Lafayette, 47

COMPAGNIE INTERNATIONALE

DES PROCÉDÉS ADOLPHE SEIGLE

ÉCLAIRAGE, CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE PAR LES HYDROCARBURES LOURDS

CHAUDIÈRES MARINES — MOTEURS FIXES
GÉNÉRATEURS DE VAPEUR POUR TRAMWAYS, VOITURES AUTOMOBILES,
EMBARCATIONS DE PLAISANCE, ETC.

SOCIÉTÉ ANONYME. CAPITAL : 2 MILLIONS
ADMINISTRATION CENTRALE : 147, rue de Courcelles, PARIS

ÉCLAIRAGE ÉCONOMIQUE

DES FORGES, FONDERIES, LAMINOIRS, MINES, CHANTIERS, ETC.

PAR LES

GAZÉIFICATEURS ADOLPHE SEIGLE

(Brevetés en Europe et en Amérique).

Appareils simples, robustes et portatifs
donnant avec les huiles lourdes de goudron et autres hydrocarbures à bon marché,

même par les plus grands vents
et la pluie

un énorme foyer de grande intensité
lumineuse et absolument sans odeur
fumée.

ADOPTÉS PAR LES MINISTÈRES

ET DE LA MARINE

LES PONTS ET CHAUSSEES

LES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER

LES GRANDES ENTREPRISES

ET LES GRANDES INDUSTRIES

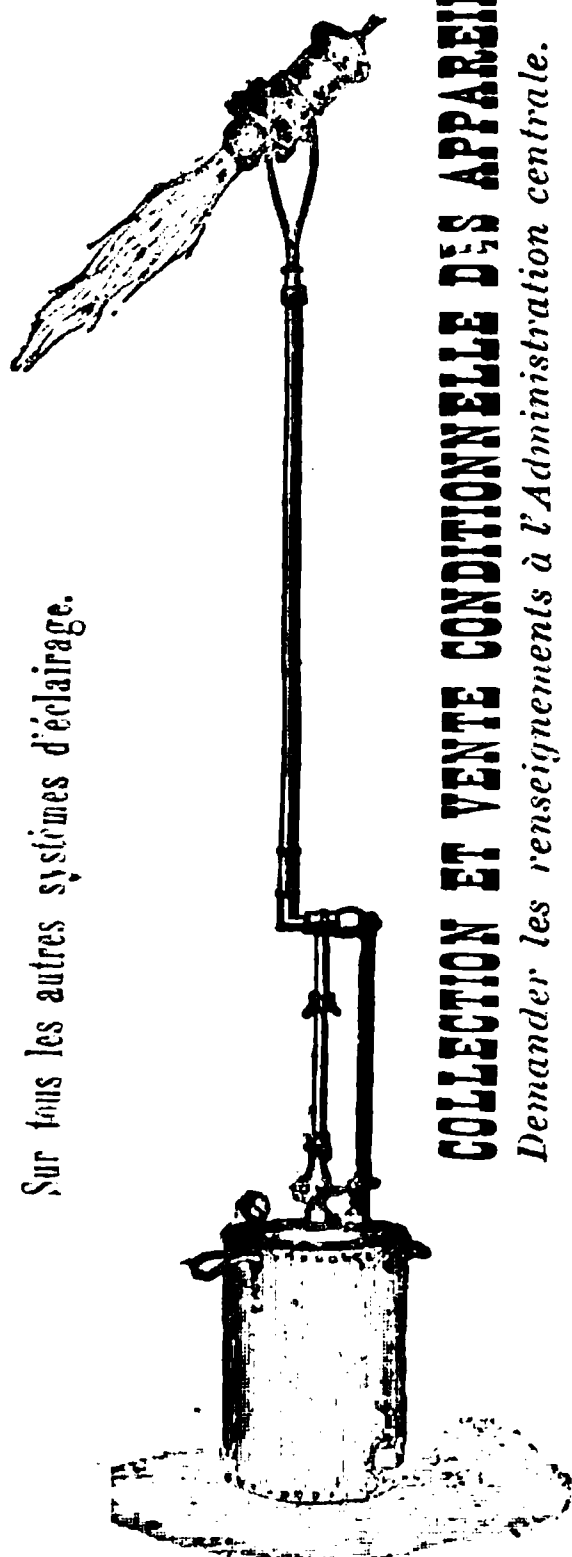
ET DE L'ÉTRANGER

ÉCONOMIE DE 50 A 80 0/0

Sur tous les autres systèmes d'éclairage.

COLLECTION ET VENTE CONDITIONNELLE DES APPAREILS

Demandez les renseignements à l'Administration centrale.



C^{IE} DES MOTEURS UNIVERSELS

Système Grob, breveté S. G. D. G.

PARIS - 56, rue Lafayette, 56 - PARIS



SÉCURITÉ

Les seuls fonctionnant sans reproche au
pétrole d'éclairage ordinaire
et sans carburateur.

PLUS DE 3,500 MOTEURS EN MARCHÉ



Consommation de pétrole, environ un demi-litre par cheval-heure

d'Or et d'Argent. — Toute garantie.

GNIE FRANÇAISE

EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

ON - HOUSTON

CAPITAL: 5.000.000 DE FRANCS

de l'Énergie à grande distance

COURANTS TRIPHASÉS

MURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

de courant triphasé en courant continu

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

Paris. — Lyon. — Rouen — Bordeaux. — Roubaix

Calcutta. — Milan. — Varese. — Rome. — Porto

— Bristol. — Leeds. — Gotha — Brème. — Hambourg. — Erfurt

Remscheid. — Barmen. — Elbing. — Munich. — Elberfeld. — Wiesbaden

SERVICE

MONDE ENTIER

100 kilomètres de ligne

100 voitures



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES À ROTATION et à PERCUSSION

HACHEUSES

Locomotives bases pour mines

PARIS. 27. Rue de Londres. PARIS

DIPLOME D'HONNEUR
ANVERS 1894

GRAND PRIX
LYON 1894

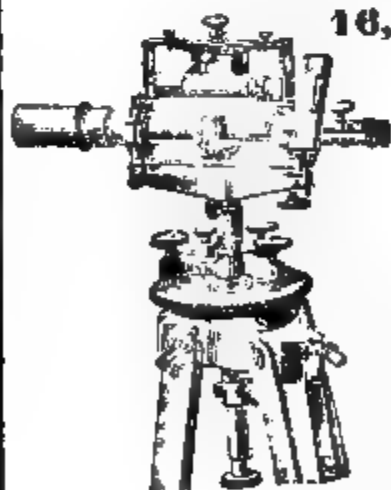
DIPLOME
AMSTERDAM 1895

A. BERTHÉLEMY

Constructeur, Breveté S. G. D. G. en France et à l'Étranger
16, RUE DAUPHINE, 16 — PARIS

PONTHUS & THERRODE (A.M.)

SUCCESEURS



INSTRUMENTS DE MATHÉMATIQUES, OPTIQUES,
NIVELLEMENT, TOPOGRAPHIE

FOURNISSEURS DES MINISTÈRES FRANÇAIS ET ÉTRANGERS, DE L'ÉCOLE
DE LA COMMISSION DU NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE
DU SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE, DE LA VILLE DE PARIS,

INVENTIONS — INSTRUMENTS POUR LES

APPAREILS ET CALIBRES DE

Pour Essais des CHAUX ET CIMENTS

Adoptés par la Commission internationale des poids et mesures

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE ILLUSTRÉ

EXPLICATION DES PLANCHES.

JUILLET.

Pl. I à III. — Applications géologiques de la spéléologie.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT AUX ANNALES DES MINES

Pour Paris	20 fr. par an
Pour les Départements	24 fr. —
Pour l'Etranger	28 fr. —

Les ANNALES DES MINES paraissent tous les mois.

N. B. — On peut se procurer aux mêmes prix chacune des années parues depuis 1862 inclusivement.

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE

LE PRATICIEN INDUSTRIEL

DIRECTEUR : A. GOOD, ingénieur des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE : J. LOUBAT, ancien élève de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers d'Aix.

Journal bi-mensuel rédigé par demandes et par réponses

contenant des informations techniques et des communications diverses au point de vue de l'Industrie, des Travaux publics, des Mines, etc.

Un an, 12 fr. — Six mois, 6 fr. — Trois mois, 3 fr. 50.

Un numéro spécimen est envoyé gratuitement sur demande affranchie.

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

MÉMOIRES ET DOCUMENTS CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE DES VOIES FERRÉES

Abonnement pour Paris et la France. .	25 fr. par an.
pour l'étranger	28 fr. —

BIBLIOTHÈQUE DU CONDUCTEUR DE TRAVAUX PUBLICS

ENSEMBLE DES CONNAISSANCES INDISPENSABLES AUX CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET CONDUCTEURS MUNICIPAUX, CONTRÔLEURS DES MINES, AGENTS VOYERS, CHEFS DE SECTION, ARCHITECTES VOYERS, ENTREPRENEURS, CONDUCTEURS DE TRAVAUX, INSPECTEURS, VÉRIFICATEURS, ETC.

publiée sous les auspices de

M. le Ministre des Travaux Publics

VOLUMES PARUS :

Mathématiques	8 fr. 50	Mécanique, Hydraulique,	
Physique et Chimie . . .	8 » 50	Thermodynamique . . .	9 fr.
Bois et Métaux	8 »	Voie publique	12 »
Droit civil	8 »	Hydraulique agricole . . .	12 »
Machines hydrauliques	10 »	Organisation des services.	8 »
Hygiène	7 » 50		

D'autres parties sont en préparation et paraîtront de mois en mois sous forme de volumes portatifs de 350 pages environ, format in-16, élégamment reliés.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

Les Éditeurs-Gérants : V^{re} CH. DUNOD et P. VICQ.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

• PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME X.

8^m. LIVRAISON DE 1896.

PARIS

V.^o CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

c 1896

TABLE DES MATIÈRES.

AOUT.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

	Pages.
Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. — Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates, par M. <i>Adolphe Carnot</i> .	137
Théorie de la stabilité des locomotives (Seconde partie), par M. <i>J. Nadal</i>	232

BULLETIN.

Statistique du zinc et du plomb en Europe pour l'année 1894.	289
--	-----

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Juin.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploitation, etc.	381
Circulaires et instructions adressées aux préfets, aux ingénieurs des mines, etc.	384
Jurisprudence.	396
Personnel	402

É

A
1

POUR LA COMMANDE DES
POMPES
VENTILLATEURS
LOCOMOTIVES
APPAREILS
 DE LEVAGE
 ETC., ETC., ETC.



DES FORGES DE DENAIN & C^o
TRANSFORMATEUR
 DE COMMANDE PAR CABLE
 EN COMMANDE ÉLECTRIQUE
 AUX TRANSFORMATEURS
 DES USINES
 DES ...

AUTTER, HAR-

26, Avenue de Suffren, 26

RIS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE POUR LA FABRICATION DE LA DYNAMITE *Procédés A. NOBEL*

Paris, 1889 — Deux Médailles d'Or

Seule Médaille d'Or décernée en 1889 pour la Dynamite

SIÈGE SOCIAL : Place Vendôme, PARIS

AGENCES :
à Paulilles, près Port-Vendres (Pyrénées-Orientales).
à Ablon, près Honfleur (Calvados).

Dynamite-Gomme, pour roches très dures. — Dynamite, n° 1 guhr, n° 1 gélatinée, l'ammoniaque, pour roches dures. — Dynamite, n° 0, pour travaux sous l'eau. n° 2 et n° 3, pour terrains moins résistants.

Explosifs spéciaux pour charbonnages grisouteux (Décret du 1^{er} août 1890)

Grisoutine-Gomme pour travaux au rocher. — Grisoutine B pour travaux dans le

travaux de mineurs. — Capsules pour Dynamite. — Amorces, Câbles, Fils et Appareils pour sautage des mines. — Marmites suédoises ou Seaux à dégeler la Dynamite.

La Correspondance doit être adressée au SIÈGE SOCIAL

TÉLÉPHONE SOCIÉTÉ ANONYME TÉLÉPHONE EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital : 2.000.000 de francs

19, rue Louis-le-Grand, 19, PARIS

USINES :

LE-MARTIN-DE-GRAU

(France)

PRANCA-in-LUNIGIANA

(Italie)

DYNAMITES,

GOMMES ET GRISOUTINES

MÈCHES

DÉTONATEURS, CABLES

FILS

ET APPAREILS ÉLECTRIQUES

Correspondance doit être adressée au Siège social, 19, rue Louis-le-Grand.
PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889
2 MÉDAILLES D'OR
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL ^{POUR} MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

**RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI
DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE
CONNU A CE JOUR.**

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS ^{POUR} EXTRACTION ET FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS
TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système **MAGINOT & BINETTE**

POMPES ÉLEVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLEVATION D'EAU
pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, B^{TE} S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DESCHISTAGE

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATIVES

CHEVALEMENTS MÉTALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLI

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parachute

PALERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES D'

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR

LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRONNERIE

DEVIS, ÉTUDES D'INSTALLATIONS, RENSEIGNEMENTS

CATALOGUES SUR DEMANDE

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 260 Ouvriers

MAGINOT & BINETTE

MAISON FONDÉE EN 1830 (FRANCE)

RÉFILERIE & CORDERIE MÉCANIQUES

DE LA

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS

LARIVIÈRE & C^{IE}**CH. FOUINAT**

TÉLÉPHONE

170, Quai Jemmapes, PARIS

TÉLÉPHONE

**CORDAGES MÉTALLIQUES RONDS & PLATS
EN FER, ACIER, CUIVRE***pour Mines, Carrières, Houillères, Plans inclinés, Cabestans, Appareils à lever,
Manœuvres courantes et dormantes de marine et de batellerie.
Commission de force motrice, Signaux, Horlogerie, Paratonnerres, Puits, Clôtures***EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889**

Membre du Jury — Hors Concours

DEUX GRANDS PRIX : ANVERS 1894**VOI FRANCO DE TOUS RENSEIGNEMENTS****LA FRANÇAISE DES MÉTAUX**Société anonyme au capital de **25** millions de francs

Siège social : 10, rue Volney. — PARIS

USINES :*ville-lès-Rouen (Seine-Inf.), Castelsarrazin (Tarn-et-Garonne), Sérifontaine (Oise),
Gilvet (Ardennes), Bornel (Oise), Saint-Denis (Seine) et Paris, rue Vieille-du-Temple, 76***DERIE, LAMINAGE, ÉTIRAGE, EMBOUTISSAGE & TRÉFILERIE**
*de Cuivre, Laiton, Plomb, Étain, Zinc, Nickel, Maillechort, etc.***TUBES EN CUIVRE ROUGE ET LAITON SOUDÉS ET ÉTIRÉS****PIÈCES GRAVÉES POUR HORLOGERIE, OPTIQUE, ORNEMENTS D'ÉGLISES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE***de tous genres pour l'ébénisterie et l'ameublement. Appareils de stéarinerie et de sucrerie. Fils en
cuivre rouge, demi-rouge, laiton et maillechort. Cuivre rouge et laiton en lingots et en barres**saies en cuivre rouge, bronze, maillechort et nickel***EN CUIVRE ROUGE POUR FOYERS DE LOCOMOTIVES***et grains de lumière pour canons. — Ceintures de projectiles**en cuivre rouge sans soudure. Rouleaux en cuivre pour impression***OTS ET EN FEUILLES POUR CHOCOLATIERS, PARFUMEURS ET AUTRES USAGES***ts, en tables et en tuyaux. Tuyaux en plomb doublés d'étain***ÉS SANS SOUDURES, POUR CHAUDIÈRES ET CONDUITES A HAUTE PRESSION****ALITÉ DE TUBES MINCES, LÉGERS ET SOLIDES****ion des CYCLES, BICYCLETTES, TRICYCLES, ETC., ETC.***rons (brevets SERVE). — Enveloppes d'obus en acier***ES ET FILS MAILLECHORT ET NICKEL POUR TOUS USAGES****de haute conductibilité pour usages électriques****BOBES EN BLANCHES EN FILS & EN TUBES**

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDAGE

BECOT

Ing^r civil

(A. et M.)

, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGIRAS

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel, etc.

PUITS ARTÉSIENS, PUIS ABSORBANTS

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS

CAPTAGE DE SOURCES

VENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDE

Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

INDUSTRIE ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES

LILLE
- a eu -
1893

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION MÉDAILLE
de vermeil

1893

CHIMÈNES EN BRIQUES ET EN TÔLE

CHAUDRONNERIE EN FER ET EN CUIVRE EN TOUS GENRES

RÉPARATIONS, PIQUAGE ET NETTOYAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DE TOUS SYSTÈMES
PRÉPARATION DES ÉPREUVES DÉCENNALES DES APPAREILS A VAPEUR
NOUVEAU SYSTÈME DE FOYER MÉTALLIQUE ET APPAREIL FUMIVORE BREVETÉ S. G. D. G.



TÉLÉPHONE

MIN DÉROCHE
21, rue Labois-Rouillon, PARIS

Massifs de Machines, Fournitures pour Usines

RÉSERVOIRS EN CIMENT, EN TÔLE, ETC.

Fours pour toutes Industries

Applications générales de l'électricité. — Installations particulières
PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE



TÉLÉPHONE

MAISON FONDÉE EN

L. DUMON

PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue d'Isly

POMPES CENTRIFUGES

MÉDAILLE D'OR



API

POMI

8.5

CONSTRUCTIONS **ET** **DEMONTABLES**
HYGIÉNIQUES
 ATELIERS, MAGASINS, CHALETs,
 HANGARS, PAVILLONS DE CHASSE,
 PAVILLONS COLONIAUX
*Fournisseur des Ministres de la Guerre, de la Marine
 des Colonies, de l'Assistance Publique etc*
 ENVOI FRANCO DU CATALOGUE SUR DEMANDE DEVIS FRANCO
51, RUE LAFAYETTE, PARIS. 51

C. BORNET, Ingénieur, 10, rue Saint-Ferdinand, PARIS
PERFORATRICES ROTATIVES et à PERCUSSION
 mues à bras ou par l'eau, la vapeur et l'Electricité

FLEURETS CREUX A INJECTION D'EAU

doublant la vitesse de forage des perforatrices



APPLICATION AUX MINES, CARRIÈRES ET TRAVAUX PUBLICS
 Prospectus et renseignements franco sur demande

Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres

LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX

Les plus Hautes Récompenses aux Expositions

COSSET-DUBRULLE FILS

LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE

3, rue de Toul, 3

3, rue de Toul, 3

Verres divers
CAOUTCHOUC-AMIANTE

Éclairantier

EXÉCUTÉE SUR DESSINS
Flambeaux pétrole pour pompiers

LAMPES A GAZ
A RÉCUPÉRATION

Fournisseur des Grandes Administrations

ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL

TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION

FONDERIE DE CUIVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE

Coton-Mèche

Toiles métalliques

Rivets et fils de plomb

AMADOU

Emboutissage de tous Métaux

LAMPES DE FONDEURS

ELEVATEURS & TRANSPORTEURS

avec Chaines simples

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR
PARIS, 144, Boulevard de la Villette, 144, PARIS

BROYEURS SPÉCIAUX

POUR MINÉRAIS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

et ÉCONOMIQUEMENT une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

COBLENTZ FRÈRES

PARIS — 38, rue du Château-d'Eau, 38 — PARIS

USINES, 124, rue de Paris, St-DENIS (Seine)

LAINES DE SCORIES

Incombustible et le meilleur des Isolants

LIGNITINE LIQUIDE

Antitartre, 75 francs les 100 kilos

GLYCÉRINE. - SIMILI-GLYCÉRINE

ET TOUS AUTRES PRODUITS CHIMIQUES

EXPOSITION DE BORDEAUX

1895

Diplôme d'honneur

Médaille d'or

1894

EXPLOSIFS FAVIE

de la Société française des Poudres de

62, Rue de Provence, PARIS

REMPLAÇANT TOUS EXPLOSIFS CON.

Innocuité et sécurité absolues

ÉTABLISSEMENTS GENESTE, HERSCHER & C^{IE}

MAISON PRINCIPALE A PARIS, 42, RUE DU CHEMIN-VERT

Usine à Creil — Succursale à Bruxelles

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889 : FRANCE - 3 GRANDS PRIX
EXPOSITIONS BELGIQUE : 1 GRAND PRIX
LYON 1894 : GRAND PRIX
L'ANVERS 1894 : 4 GRANDS PRIX

VENTILATEURS DE MINES

Rendement dépassant 85 0/0

Collection complète de Ventilateurs pour Fonderies, Forges, Navires, Ateliers, Ventilation, etc.

Dispositions spéciales pour être actionnés par moteurs à vapeur, hydrauliques, électriques, air comprimé, etc., etc.

Petits Ventilateurs à bras pour galeries de recherches ou autres.

APPLICATIONS DU GÉNIE SANITAIRE

Ventilation mécanique, Chauffage à vapeur, à eau chaude, etc. Projets, Construction d'appareils et installations.

Assainissement des Villes et des Habitations

Étude, Fabrication et Fournitures d'Appareils

DÉSINFECTION

Matériel sanitaire pour combattre la transmission et la propagation des épidémies.

— Etuves à désinfection fixes et locomobiles par la vapeur sous pression

— Pulvérisateurs pour la désinfection des parois et celle des objets ne pouvant

être chauffés. — Appareils à stériliser l'eau

(à la chaleur), produisant de l'eau débarrassée de tout microbe, potable et digestive

LABORATOIRE CENTRAL DE CHIMIE

61, rue de l'Arcade et 11, rue de Rome (en face la gare St.-Lazare)

A. GIRARD

Ingénieur-Chimiste

Chimiste-Expert de la Ville
de Paris

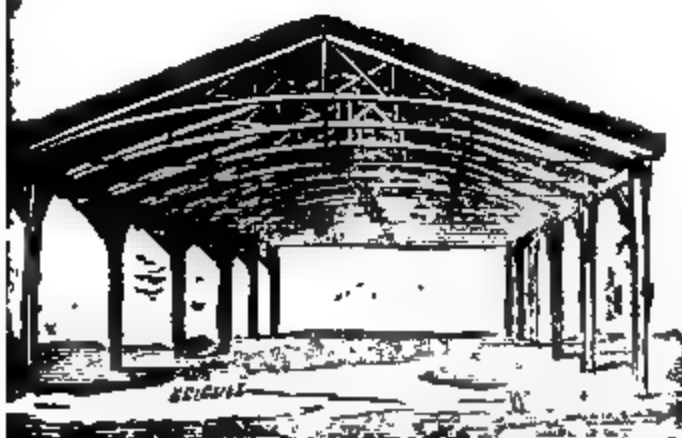
ANALYSES MINÉRALES

Minerais de fer, d'or
d'argent, etc.

Fontes, aciers, fers

Bronzes, aluminium, cuivre

Zinc, nickel, etc.



BLA

HANGARS et CHARPENTES, Couv.

Const. 135, rue Lamarck PARIS.

SOCIÉTÉ ANONYME
HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINE

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET CHARBONS

MACHINE A BRIQUETTES

. Simple, Robuste et peu coûteuse

PRODUISANT À VOLONTÉ DES

BRIQUETTES PLEINES OU PERFORÉES

Pression élastique. — Cohésion 80 %.

Agglomération de minerais de fer ou de manganèse, résidus de pyrites ou autres matières à réchauffer, pour en faciliter le traitement dans hauts-fourneaux, etc., etc.

MACHINE A BOULETS

PLEINS OU PERFORÉS

250.000 BOULETS DE HOUTLE,

PLEINS OU PERFORÉS PAR JOUR

L'Agglomération sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons maigres la calcination des minerais.

Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 11 heures, à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à briquettes pour chemins de fer et chaudières de voies
BROYEURS-PULVERISATEURS, broyage par percussion, Engrais, Charbons, Minerais, etc.

BROYEURS A MEULES, broyage et malaxage de matières quelconques.

CRIBLES ROTATIFS ou **A SECOUSSSES**, classement des matières sèches.

LAVOIRS A BRAS ou **A VAPEUR**, classement par densité. Lavage des bouillies.

MACHINES A BRIQUES à levier, pour terre ferme et demi-ferme. 6 à 7 000 par jour.

MACHINE A AGGLOMERER à pression simultanée sur deux faces, pour ciment, sucre, etc.

FOURS SECHES, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEURS, MALAXEURS, ETC., ETC.

Th. DUPUY et FILS

SUR LES VARIATIONS

OBSERVÉES

**DANS LA COMPOSITION DES APATITES, DES PHOSPHORITES
ET DES PHOSPHATES SÉDIMENTAIRES.**

REMARQUES

sur

LE GISEMENT ET LE MODE DE FORMATION DE CES PHOSPHATES

Par M. Adolphe CARNOT.

Inspecteur général des Mines, membre de l'Institut.

Bien que l'on ait déjà beaucoup discuté sur la genèse des phosphates de chaux naturels, il reste encore bien des points controversés dans la théorie de leur formation.

A titre de contribution à cette théorie, je crois utile de grouper ici une série d'observations nouvelles sur les divers gisements de phosphates, sur les variations que présente leur composition, notamment au point de vue de leur teneur en fluor (*), et sur les conséquences à en tirer relativement à leur mode de formation.

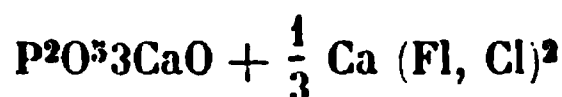
Je passerai en revue successivement :

- 1° Les phosphates cristallisés ou apatites ;
 - 2° Les phosphates concrétionnés ou phosphorites ;
 - 3° Les phosphates sédimentaires.
-

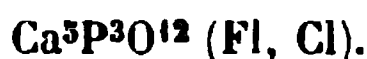
(*) Je n'ai entrepris cette étude qu'après m'être assuré d'une méthode sûre pour la détermination du fluor dans les substances attaquables par l'acide sulfurique concentré, au nombre desquelles sont les phosphates de chaux, objet spécial de ce travail.

I. — APATITES.

Depuis les mémorables travaux de Gustave Rose sur les apatites (1827), on admet comme une règle absolue que, dans ces minéraux cristallisés, le phosphate de chaux tribasique est toujours associé avec une proportion invariable de fluorure ou de chlorure de calcium, ces deux derniers composés étant, d'ailleurs, susceptibles de se remplacer l'un l'autre dans la proportion de leurs poids atomiques, comme l'exprime la formule :

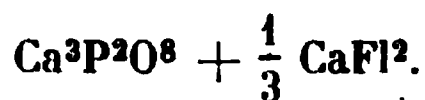


ou, avec la notation unitaire :



L'étude générale que j'entreprenais sur les phosphates de chaux m'a conduit à faire l'analyse détaillée d'une quinzaine d'échantillons d'apatites d'origines diverses, en y appliquant la méthode de dosage du fluor, que j'ai fait connaître il y a quelques années (*).

Ces analyses ont, dans la plupart des cas, vérifié très exactement la formule de G. Rose ; mais j'ai aussi rencontré quelques anomalies, qui méritent d'être signalées. Je vais en donner les résultats, en prenant pour terme de comparaison l'apatite pure, exclusivement fluorée, que je désignerai sous le nom d'*apatite normale* :



La proportion du fluorure de calcium y est de 7,94 p. 100;

(*) Acad. des Sciences, C. R., 29 mars 1892 ; — Annales des Mines, 4^{re} sem. 1893.

celle du fluor = 3,77 p. 100; le rapport du poids du fluor à celui de l'acide phosphorique = $\frac{\text{Fl}}{3\text{P}^2\text{O}_5} = 0,0892$. Par conséquent, pour calculer le fluor de l'apatite normale, qui aurait une teneur donnée en acide phosphorique, il suffira de multiplier cette teneur par le coefficient 0,0892.

Les échantillons examinés appartiennent : les uns, à des roches franchement éruptives, comme le trachyte de Jumilla; d'autres, à des formations métamorphiques, comme les schistes talqueux du Tyrol; d'autres, enfin, à de véritables filons, comme ceux de Logrosan et de Cacérès, comme ceux d'Odegarden, comme le dépôt géodique de Knappenwand ou comme les grands gites filoniens du Canada.

Je présenterai d'abord les résultats de plusieurs analyses, qui sont en concordance parfaite avec la formule théorique.

Ils s'appliquent à des types notablement différents les uns des autres : les premiers en cristaux isolés bien nets (I, II, III), les suivants en masses cristallines à grands clivages (IV, V, VI), d'autres encore en masses bacillaires ou presque fibreuses (VIII, IX).

Les trois premiers échantillons, nettement cristallisés et provenant des trois sortes de gites (éruptif, métamorphique et filonien), ont été empruntés à la collection de l'École des Mines.

I. — Apatite de Jumilla. La colline de Jumilla, située dans le sud-est de l'Espagne, au nord de Murcia, est constituée par une roche trachytique, à pâte rougeâtre, d'origine nettement éruptive, dans laquelle sont irrégulièrement disséminés les cristaux d'une apatite transparente et à peine colorée en jaune ou en vert.

II. — Apatite en cristaux limpides, légèrement teintés

de vert, enclavés dans des schistes talqueux métamorphiques du Tyrol.

III. — Apatite en cristaux plats, très transparents et très faiblement colorés en vert, montrant les bases du prisme dominantes avec quelques petites facettes à éclat vitreux très vif, provenant du gisement géodique de Knappenwand (Tyrol).

L'analyse a donné, pour ces trois types d'origines différentes :

	I	II	III
Acide phosphorique....	41,71	41,91	41,97
Fluor.....	3,54	3,58	3,63
Chlore.....	0,47	0,20	0,03
Chaux.....	54,95	55,00	54,65
Oxyde ferreux.....	traces	0,18	0,48
Quartz.....	—	—	0,80
	<u>100,67</u>	<u>100,87</u>	<u>101,56</u>

En groupant les éléments, on trouve :

	I	II	III
$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	91,10	91,36	90,96
$\text{Fe}^3\text{P}^2\text{O}^8$	traces	0,30	0,79
CaFl^2	7,27	7,35	7,41
CaCl^2	0,73	0,31	0,06
Quartz.....	—	—	0,80
	<u>99,10</u>	<u>99,32</u>	<u>100,02</u>

On voit qu'il y a substitution d'une faible quantité d'oxyde ferreux à une proportion équivalente de chaux dans II et III et substitution d'une petite quantité de chlore au fluor dans les trois échantillons. Si l'on transforme, par calcul, le poids du chlore en un poids équivalent de fluor, on trouve, au total, dans les trois échantillons :

	I	II	III
Fluor total.....	3,79	3,69	3,65

D'autre part, si l'on multiplie le poids de l'acide phosphorique par le facteur 0,0892, on a le fluor de l'apatite

normale :

Fluor normal.....	3,72	3,74	3,74
-------------------	------	------	------

L'accord est donc à peu près parfait entre les résultats d'analyses et la formule théorique.

Les apatites d'Odegarden, district de Bamble (Norvège), se trouvent souvent en masses cristallines, largement clivables; d'autres sont presque compactes.

Les échantillons que j'ai analysés m'avaient été remis par M. Hessel, ingénieur civil des mines, qui dirige une importante exploitation de phosphates en Norvège. On sait que, dans le district de Bamble (*), l'apatite est associée à l'amphibole, souvent aussi à la biotite, à l'enstatite et à la pyrite magnétique, dans de nombreux filons, qui recoupent des roches diverses. A Odegarden, les filons traversent un gabbro, où le plagioclase a été transformé en wernérite et le pyroxène en amphibole, sur une certaine épaisseur, sous l'influence des actions filoniennes, qui ont donné naissance aux masses cristallines de phosphates de chaux.

IV. — Apatite d'Odegarden, de teinte gris verdâtre, peu transparente, en masses cristallines à grands clivages.

V et VI. — Apatites de même provenance présentant des portions teintées en vert et en jaune et possédant un éclat gras assez marqué.

	IV	V	VI
P ₂ O ₅	41,17	41,01	41,80
Fl.....	1,66	0,85	2,05
Cl	3,58	5,31	2,87
CaO.....	53,10	53,44	53,88
MgO	0,73	0,17	0,22
FeO.....	0,57	0,20	—
Fe ₂ O ₃	—	0,53	0,68
SiO ₂	—	0,14	0,11
	<u>100,81</u>	<u>101,65</u>	<u>101,61</u>

(*) *Traité des gîtes métalliques*, par FUCHS et DE LAUNAY, 1893.

Le groupement des éléments dosés donne :

	IV	V	VI
$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	87,75	88,75	89,66
$\text{Mg}^3\text{P}^2\text{O}^8$	1,60	0,37	0,48
$\text{Fe}^3\text{P}^2\text{O}^8$	0,94	0,36	—
$\text{Fe}^3\text{P}^2\text{O}^8$	—	—	0,96
CaFl^2	3,41	1,74	4,21
CaCl^2	5,60	8,24	4,49
Fe^2O^2	—	0,53	0,20
SiO^2	—	0,14	0,11
	<u>99,30</u>	<u>100,13</u>	<u>100,11</u>

Le calcul du fluor, effectué comme précédemment, conduit aux résultats ci-après :

Fluor dosé	1,66	0,85	2,05
Fluor correspondant au chlore.	1,91	2,84	1,54
Fluor total	<u>3,57</u>	<u>3,69</u>	<u>3,59</u>
Fluor de l'apatite normale.....	3,67	3,66	3,72

La concordance est donc également dans ces apatites lamelleuses aussi complète que possible entre les quantités de chlore et de fluor dosées et les quantités calculées d'après la formule de Gustave Rose.

Je citerai encore un autre échantillon d'apatite d'Odegarden, qui se rapproche des précédents par sa teinte claire d'un vert jaunâtre et par son éclat gras, mais qui en diffère par sa texture compacte et l'absence de clivages. Il en diffère aussi par sa composition, dans laquelle entrent de l'alumine en proportion assez importante et un peu de soude.

Acide phosphorique....	39,50
Fluor	1,50
Chlore	3,56
Chaux.....	41,83
Soude.....	0,33
Alumine.....	7,75
Oxyde de fer.....	0,23
Eau	0,25
Quartz	4,80
	<hr/>
	99,75

Ici encore, malgré la différence de composition chimique et de caractères physiques, on retrouve des proportions normales d'acide phosphorique et de fluor ou de chlore ; car le fluor dosé $= 1,50$; le fluor correspondant au chlore $= 1,90$; par conséquent, le fluor total $= 3,40$, et le fluor de l'apatite normale $= 3,52$.

Les gites de phosphates de l'Estramadure (Espagne) ont été reconnus comme étant d'origine hydrothermale. Ils consistent en filons, qui traversent tantôt le granite, tantôt les schistes et tantôt les calcaires, avec une allure particulière dans chacune de ces roches : nettement délimités et presque verticaux dans le granite, comme à Zarzola Major ; divisés en plusieurs veines plus ou moins confuses dans les schistes cambriens, comme à Logrosan ; épanouis en forme de grands amas dans le calcaire dévonien, comme à Cacérès.

Le minerai est en masses cristallines, caractérisées par une texture fibreuse très prononcée, et, en même temps, par une disposition zonée, qui atteste des venues successives de liquides, laissant déposer les matières dissoutes. Le phosphate est souvent accompagné de quartz et parfois aussi de spath-fluor.

L'analyse de deux échantillons, l'un de Logrosan (VIII), l'autre de Cacérès (IX), a montré qu'ils renfermaient les proportions ci-après d'acide phosphorique et de fluor,

avec de simples traces de chlore :

	VIII	IX
Acide phosphorique	36,12	39,58
Fluor dosé.....	3,16	3,45
Fluor calculé pour l'apatite normale	3,22	3,52

Le fluor et l'acide phosphorique présentent donc dans ces apatites fibreuses les mêmes proportions que dans l'apatite normale.

En résumé, on voit que, dans tous les gites précédents, les apatites offrent, malgré leurs différences d'aspect, une remarquable uniformité de composition, toutefois avec substitutions plus ou moins importantes entre les éléments isomorphes : d'une part, entre le fluor et le chlore ; de l'autre, entre la chaux et diverses bases, qui sont, en général, des protoxydes, comme la magnésie ou l'oxyde ferreux, mais parfois aussi de l'alumine et de l'oxyde ferrique.

Les phosphates cristallisés du Canada donnent un premier exemple de dérogation à cette règle.

Ces phosphates, exploités dans les provinces de Québec et d'Ontario, forment de grandes lentilles au milieu de pyroxénites associées à des cipolins. On a signalé dans ces gites la présence de wernérite, de calcite, de fluorine, de quartz, etc. Les phosphates eux-mêmes sont tantôt en masses cristallines, tantôt sous forme de sable cristallin ou à l'état de prismes hexagonaux, qui atteignent parfois de grandes dimensions. Leurs couleurs habituelles sont le vert émeraude et le rouge.

J'ai soumis à l'analyse deux échantillons de ces apatites, qui étaient accompagnées de cristaux de calcite, et qui faisaient eux-mêmes effervescence aux acides, bien que l'on n'y aperçût pas de calcite.

Tous les deux étaient cristallisés en prismes hexago-

naux: le premier (X), de Renfrew, était d'un brun rouge, avait près d'un décimètre de longueur et un centimètre de diamètre; le second, de Templeton, était vert foncé et avait de 6 à 8 centimètres de diamètre.

J'ai profité des grandes dimensions de ce cristal pour en examiner séparément la portion interne (XI) et la portion externe (XII), dans le but de constater si elles n'avaient pas éprouvé, à des degrés différents, quelque modification sous l'influence des eaux qui avaient déposé la calcite; mais l'analyse a montré que la composition était identique au centre et à la surface du cristal; en voici les résultats :

	X	XI	XII
P ² O ⁵	41,00	41,50	41,64
Fl.....	2,26	1,26	1,17
Cl.....	0,28	0,37	0,42
CO ²	1,50	2,30	2,31
CaO.....	50,84	52,90	52,90
MgO.....	traces	traces	traces
FeO.....	—	1,30	1,20
Fe ² O ³	4,59	0,22	0,30
SiO ²	0,55	0,30	0,37
	<u>101,00</u>	<u>100,15</u>	<u>100,31</u>

En groupant les éléments, on a :

Ca ³ P ² O ⁸ ..	83,78	88,30	88,53
Fe ³ P ² O ⁸ ..	—	2,15	2,02
Fe ² P ² O ⁸ ..	5,60	0,44	0,57
CaFl ²	4,60	2,59	2,49
CaCl ²	0,44	0,52	0,67
CaCO ³	3,41	5,23	5,25
Fe ² O ³	1,62	—	—
SiO ²	0,55	0,30	0,37
	<u>100,00</u>	<u>99,53</u>	<u>99,81</u>

Les proportions de fluor et de chlore contenues dans

ces échantillons sont beaucoup moindres que dans les apatites ordinaires.

On trouve, en effet, par l'analyse :

	X	XI	XII
Fluor dosé.....	2,24	1,26	1,17
Fluor correspondant au chlore.....	0,15	0,20	0,22
Fluor total.....	2,39	1,46	1,39

tandis que le calcul donnerait, pour les apatites normales d'égale teneur en acide phosphorique :

3,66 3,70 3,71

Mais, ayant remarqué que les acides donnaient lieu à une effervescence vive (*) et que le carbonate de chaux était uniformément distribué dans la masse de l'apatite, je supposai que le carbonate avait pu prendre la place d'une quantité équivalente de fluorure ou de chlorure de calcium.

Si l'on calcule, en effet, la proportion de fluor correspondant à l'acide carbonique dosé, on trouve, pour les trois échantillons :

Fluor correspondant à CO^2 . 1,30 1,99 2,00

et, en ajoutant ces quantités à celles précédemment calculées, on a :

3,69 3,45 3,39

(*) En recueillant le gaz dégagé par l'action d'un acide sur une apatite du Canada, j'ai observé qu'il n'était pas entièrement absorbable par la potasse; en outre de l'acide carbonique, il renfermait de l'oxygène et de l'azote à peu près en mêmes proportions qu'ils existent dans l'air atmosphérique. Cette observation que j'avais consignée avant de connaître les curieuses expériences de M. Georges Friedel sur l'absorption des gaz (et notamment de l'air) par les zéolithes chauffées, puis refroidies, me semble pouvoir en être rapprochée. Je dois faire observer que d'autres apatites, traitées de même, n'ont donné aucun dégagement gazeux.

On retrouve ainsi presque exactement les nombres que le calcul avait donnés pour le fluor de l'apatite normale.

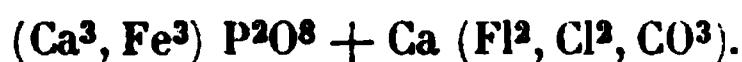
Pareille conclusion se dégage de l'examen d'un autre échantillon d'apatite (XIII), qui figure dans la collection de l'École des Mines comme venant de London-Grove (Pensylvanie). Cet échantillon a la forme d'un grand prisme hexagonal de couleur verte assez sombre. L'analyse conduit à la composition suivante :

P ² O ⁵	41,55	Ca ³ P ² O ⁸	89,74
Fl.....	1,95	Fe ³ P ² O ⁸	1,14
Cl.....	0,94	CaFl ²	4,00
CO ²	1,42	CaCl ²	1,57
CaO.....	53,97	CaCO ³	3,22
MgO.....	traces	Fe ² O ³	0,04
FeO.....	0,73	SiO ²	0,25
SiO ²	0,25		<u>99,96</u>
	<u>100,81</u>		

On en déduit :

	XIII
Fluor dosé.....	1,95
Fluor correspondant à Cl.....	0,50
Fluor correspondant à CO ²	<u>1,23</u>
Total.....	3,68
Fluor de l'apatite normale.....	3,71

Ici la concordance est parfaite; il semble vraiment que le carbonate de calcium se soit substitué, molécule à molécule, à du fluorure ou à du chlorure de calcium, en sorte que la composition serait représentée par la formule :



J'ai pensé que cette substitution pouvait être attribuée aux phénomènes qui ont déterminé le dépôt de calcite dans les filons d'apatite, et j'ai cherché à produire artificiellement une modification analogue par une opération de

laboratoire. A cet effet, j'ai soumis de l'apatite en poudre à l'action d'une solution de carbonate de soude dans des tubes en verre épais, fermés à la lampe et chauffés pendant six jours à la température de 160°. L'expérience a été faite séparément sur l'apatite exclusivement fluorée de Knappenwand (III) et sur l'apatite chlorée d'Odegarden (V). La poudre restée insoluble a été ensuite lavée avec soin et analysée. On a trouvé :

	III bis	V bis
P ² O ⁵	41,78	40,90
Fl.....	3,60	0,80
Cl.....	traces	4,60
CO ²	0,11	0,48
CaO.....	54,60	53,43
MgO.....	—	0,20
FeO.....	0,36	0,05
Fe ² O ³	—	0,67
SiO ²	0,72	0,11
	<hr/> 101,17	<hr/> 101,26

ou, après groupement des éléments :

	III bis	V bis
Ca ³ P ² O ⁸	90,70	88,63
Mg ³ P ² O ⁸	—	0,44
Fe ³ P ² O ⁸	0,60	0,12
CaFl ²	7,39	1,64
CaCl ²	—	7,19
CaCO ³	0,25	1,10
Fe ² O ³	—	0,67
SiO ²	0,80	0,11
	<hr/> 99,66	<hr/> 99,92

Si l'on compare ces résultats à ceux qui ont été trouvés plus haut sur les mêmes minéraux dans leur état primitif, on voit que l'action du carbonate de soude, presque nulle sur l'apatite fluorée de Knappenwand, a été, au contraire, assez marquée sur l'apatite chlorée d'Odegarden: 1/7 du

chlore a disparu. Le calcul, fait comme précédemment, donne, pour l'apatite V *bis*, après l'action du carbonate alcalin :

Fluor dosé.....	0,80
Fluor correspondant à Cl.....	2,46
Fluor correspondant à CO ²	0,41
	<hr/>
	3,67
Fluor de l'apatite normale.....	3,65

Par conséquent, il s'est produit une substitution analogue à celle qui avait attiré mon attention dans les apatites du Canada; mais je suis porté à croire que, dans celles-ci, la substitution s'est produite, non pas après coup, mais plutôt à l'époque même où les eaux thermo-minérales déposaient l'apatite et la calcite, que l'on trouve associées dans les gîtes de phosphates du Canada.

Une autre anomalie, dont l'explication paraît plus difficile, s'est rencontrée dans l'examen d'apatites provenant du mont Greiner et de Golling (Tyrol) (collection de l'École des Mines).

Ces apatites, d'un jaune clair, sont enclavées dans un talc schisteux grisâtre, qui perd 4,7 p. 100 d'eau par calcination prolongée. Elles diffèrent essentiellement des autres apatites par leur forme extérieure, car elles ne portent aucune face cristalline.

• L'une d'elles offre la forme d'un cône allongé, de 0^m,10 de longueur, émoussé à la pointe et un peu recourbé, comme une dent de morse; l'autre est presque cylindrique, avec extrémité arrondie. Mais elles présentent des clivages et particulièrement un clivage facile et brillant parallèlement à la base. L'examen de lames de clivage au microscope polarisant n'a révélé absolument aucune différence avec les apatites ordinaires, fait im-

portant que je n'ai voulu énoncer qu'après l'avoir soumis au contrôle de M. Termier, dont on connaît la très grande compétence en pareille matière.

L'analyse montre, dans ces apatites sans forme cristalline extérieure, une curieuse particularité : c'est qu'elles ne renferment qu'une quantité tout à fait insignifiante de fluor et de chlore, quantité absolument insuffisante pour répondre à la formule générale.

Deux analyses faites sur des échantillons d'aspect analogue, mais d'origine distincte (mont Greiner et Golling), ont donné :

	XIV	XV
P ² O ⁵	42,98	44,06
Fl.....	0,23	0,38
Cl.....	0,12	0,17
CaO.....	53,18	53,50
MgO.....	tr.	tr.
FeO.....	0,58	0,70
SiO ²	2,60	1,40
Perte au feu ..	0,35	0,42
	<hr/> 100,04	<hr/> 100,63

En supposant (ce qui n'est pas bien certain) que la perte au feu soit due à de l'eau combinée plutôt qu'à un dégagement de fluorure de silicium, la composition peut s'écrire :

	XIV	XV
Ca ³ P ² O ⁸	93,83	96,19
CaFl ²	0,47	0,78
CaCl ²	0,19	0,27
CaO.....	1,85	0,67
FeO.....	0,58	0,70
SiO ²	2,60	1,40
H ² O.....	0,35	0,42
	<hr/> 99,90	<hr/> 100,43

Si l'on calcule, comme plus haut, le fluor total de ces deux échantillons et le fluor des apatites normales cor-

respondantes, on arrive aux résultats suivants :

	XIV	XV
Fluor total (équivalent à F1 et Cl) ...	0,29	0,46
Fluor de l'apatite normale.....	3,83	3,92

La quantité existante atteint donc à peine le dixième de celle que comporterait la formule générale des apatites.

Or, il n'y a pas de carbonate de chaux dans ces apatites, mais seulement un peu de chaux en excès et un peu d'oxyde ferreux et de silice. Un quart environ de la silice isolée par les acides est soluble dans la potasse et peut être supposée en combinaison avec l'oxyde ferreux.

Il reste une petite proportion de chaux non saturée par l'acide phosphorique, tandis que, dans tous les cas précédents, le groupement des éléments dosés conduisait exactement à la composition du phosphate tribasique.

Mais peut-on attribuer quelque influence à une aussi faible proportion de chaux hydratée ou silicatée dans la cristallisation du phosphate de chaux ? Ne doit-on pas plutôt admettre que le phosphate tribasique possède, par lui-même, un réseau cristallin semblable à celui de l'apatite ?

Quoi qu'il en soit, il est fort remarquable que le seul exemple que l'on ait encore rencontré d'un phosphate tribasique de chaux, dépourvu de la quantité normale de fluorure, de chlorure ou de carbonate de calcium, soit en même temps dépourvu de toute forme cristalline extérieure, bien qu'il présente les clivages et les propriétés optiques d'une véritable apatite.

Au cours de l'impression de cette note, M. Lacroix m'a fait voir, dans la collection minéralogique du Muséum, un échantillon provenant du gisement du mont Greiner et présentant la forme d'un gros prisme hexagonal basé, mais, sous tous les autres rapports, semblable aux échantillons de l'École des Mines.

Cette variété presque dépourvue de fluor, comme je

m'en suis assuré de nouveau, peut donc avoir non seulement la structure et les propriétés optiques de la véritable apatite, mais aussi sa forme extérieure en prisme hexagonal (ou pseudo-hexagonal, d'après Mallard).

II. — PHOSPHORITES.

Ces phosphates sont particulièrement caractérisés par leur structure concrétionnée. On y reconnaît aisément l'existence de couches superposées, s'enveloppant les unes les autres et présentant à l'œil une disposition zonée avec des surfaces arrondies et souvent mamelonnées. La texture est tantôt compacte en apparence, tantôt visiblement fibreuse. La couleur est parfois uniforme, blanche ou d'un blanc jaunâtre; mais souvent les zones successives présentent des teintes différentes, extrêmement tranchées, que l'on a pu comparer à celles des agates, alternativement blanches et brunes, ou bien jaunes et rouges, grises et bleues, etc.

La superposition de ces zones, qui apparaît souvent avec une grande netteté, indique clairement le mode de dépôt des phosphorites. On est naturellement conduit à le rapprocher de celui des calcaires concrétionnés, des stalactites par exemple, c'est-à-dire à l'attribuer à une dissolution de la matière phosphatée dans des eaux probablement chargées d'acide carbonique; ces eaux, en perdant le gaz et se concentrant, sans doute, le long des surfaces qu'elles humectaient, y ont déposé, par intermittence, à l'état de croûtes minces, les sels qu'elles tenaient en dissolution.

Mes observations ont porté sur des échantillons de provenances très variées : les uns tirés des gisements célèbres du Quercy (Aveyron, Lot, Tarn-et-Garonne), où la disposition zonée, sur laquelle je viens d'insister, est



particulièrement accusée ; d'autres des gites du Gard, de l'Hérault, de l'Aude et enfin de l'Oranais.

Je ne donnerai pas, en général, l'analyse complète de ces phosphorites, comme je l'ai fait pour les apatites, parce qu'elles renferment presque toujours des mélanges du phosphate, soit avec du carbonate de chaux, soit avec de l'oxyde de fer ou de manganèse, soit avec de la silice ou encore avec de la matière organique. Ces mélanges accidentels enlèvent presque tout intérêt à l'analyse complète des phosphates non cristallisés. Mais, afin de pouvoir continuer l'étude comparative que j'ai commencée sur les apatites, je ferai connaître, dans tous les cas, la teneur en acide phosphorique (P^2O^5) et la teneur en fluor (f) de la matière analysée. J'inscrirai ensuite la teneur en fluor (F) d'une apatite normale, correspondant à une égale proportion d'acide phosphorique. Enfin, je ferai connaître le rapport de la teneur réelle à la teneur calculée de l'apatite normale $\left(\frac{f}{F}\right)$.

Phosphorites du Quercy (Aveyron, Lot, Tarn-et-Garonne).

Les nombres suivants se rapportent à cinq échantillons d'origine et d'aspect variés, montrant nettement le caractère de concrétions avec surfaces mamelonnées, parfois écailleuses, et avec zones successives de teintes diverses.

XVI. — Villeneuve (Aveyron) : concrétions à zones blanches et d'un noir bleuâtre, cassure conchoïdale un peu vitreuse : traces d'iode révélées par l'analyse.

XVII. — Druilhac, près Larnagol (Lot) : concrétions à zones gris bleu foncé et gris clair, cassure un peu conchoïdale ; traces d'iode.

XVIII. — Cahors (Lot) : concrétions à cassure grise, surfaces mamelonnées bleuâtres, ferrugineuses.

XIX. — Concols (Lot) : concrétions à zones brunes et blanches.

XX. — Caylus (Tarn-et-Garonne) : concrétions à surfaces mamelonnées brunes ou noires, à zones alternativement grises et blanches.

	P ₂ O ₅	Fe	Fl	$\frac{Fe}{Fl}$
XVI. — Villeneuve.	34,70	1,09	3,10	0,35
XVII. — Druilhac.	36,17	1,38	3,23	0,43
XVIII. — Cahors.	34,66	0,40	3,09	0,13
XIX. — Concols.	26,00	0,18	2,32	0,08
XX. — Caylus.	29,55	0,11	2,64	0,04

Voici les résultats de l'analyse complète de deux échantillons de phosphorite des environs de Bozouls (Aveyron) et la composition calculée qui en résulte :

	XXI	XXII
Acide phosphorique.	16,04	18,08
Acide carbonique.	18,66	17,10
Fluor, chlore.	traces	traces
Chaux.	42,67	43,01
Magnésie.	traces	traces
Alumine, peroxyde de fer.	6,45	6,03
Insoluble.	7,40	7,33
Perte à 130°.	2,14	1,93
Perte au-dessus de 130°.	6,69	6,41
	<hr/> 100,05	<hr/> 99,89
 Ca ³ P ² O ⁸	 34,90	 39,22
Al ² P ² O ⁸	0,12	0,22
CaCO ³	42,41	38,86
Fe ² O ³	6,39	5,92
Insoluble.	7,40	7,33
Eau et matières organiques. ...	8,83	8,34
	<hr/> 100,05	<hr/> 99,89

La teneur en fluor des phosphorites du Quercy est, comme on le voit, toujours très inférieure à celle des apatites et souvent presque nulle. On doit remarquer, en

outre, qu'elle est extrêmement variable d'un gîte à un autre. Nous aurons à revenir sur ces deux points.

On sait que les phosphates du Quercy remplissent les crevasses du calcaire oxfordien, crevasses qui sont parfois restées de simples fentes, ouvertes dans le calcaire suivant des alignements presque rectangulaires (Daubrée, Trutat), et qui, d'autres fois, s'élargissent en forme de vastes entonnoirs. Ces crevasses ou poches peuvent avoir des profondeurs de 40, 60 et même jusqu'au-delà de 100 mètres; mais elles sont toujours fermées ou, du moins, s'amincissent à tel point vers le bas qu'elles deviennent inexploitable. Le phosphate est séparé du calcaire par une masse ordinairement jaune ou rouge, argilo-calcaire, qu'on désigne sous le nom de terre phosphatée. Enfin, il convient de rappeler que l'on a trouvé de nombreux ossements d'animaux terrestres dans les phosphorites ou dans les terres phosphatées et que l'on a pu, grâce à ces découvertes, fixer l'époque du remplissage des poches, comme ayant coïncidé avec l'existence des animaux en question. Les études paléontologiques faites sur cette faune exclusivement terrestre ont conduit à placer le phénomène de la formation des poches du Quercy au début de la période oligocène, à peu près à l'âge du calcaire de Brie dans le bassin parisien (MM. Gervais, Gaudry, Filhol, Douvillé).

La formation des gîtes phosphatés du Quercy a donné lieu à deux hypothèses différentes, celle d'une origine filonienne et celle d'une origine superficielle. Ces hypothèses ont été discutées avec un grand talent par le professeur Dieulafait dans son important mémoire sur l'*Origine des phosphates de chaux en amas*, mémoire auquel je ne saurais mieux faire que de renvoyer le lecteur (*).

(*) *Annales de Chimie et de Physique*, 1885, 6^e série, t. V, p. 204-240.

Suivant la première, le phosphate de chaux aurait été déposé par des sources thermales venues de la profondeur et remplissant les crevasses ouvertes dans le terrain jurassique, comme cela s'est produit dans les fentes du granite, des schistes et des calcaires dévonien pour les gites de l'Estramadure.

Mais il est difficile d'admettre une assimilation entre ces deux sortes de gites, si l'on se reporte aux observations faites plus haut sur la teneur en fluor, à la fois très faible et très variable, des phosphorites du Quercy, et si on la compare à la teneur toujours élevée et absolument régulière pour un même gîte, non seulement des apatites cristallisées, mais aussi des apatites fibreuses et concrétionnées, comme celles d'Espagne qui ont le plus d'analogie d'aspect avec les phosphorites proprement dites.

On a, d'ailleurs, fait valoir aussi contre l'hypothèse de l'origine hydrothermale, la disposition des gites du Quercy en poches ou entonnoirs qui semblent fermés vers le bas. On a signalé dans le même sens la présence de galets tombés de la surface et indiquant que les fentes étaient restées béantes à l'époque du dépôt des phosphates.

On doit enfin tenir compte de l'observation importante consignée par Dieulafait dans les termes suivants : « Les phosphorites sont toujours incrustées sur le *sol* des galeries et des poches, jamais au *plafond* » (*). M. H. Lasne a, de même, remarqué dans un gîte de phosphorites en Andalousie que le minerai s'est déposé en stalagmites, exclusivement au *mur* des filons où on l'exploite, tandis qu'à la paroi opposée, c'est-à-dire au *toit* de ces mêmes fentes inclinées, s'observent uniquement des stalactites calcaires (**).

La seconde hypothèse attribue le dépôt des phospho-

(*) *Comptes Rendus*, t. XCVIII, p. 843.

(**) Communication verbale.

rites à l'action des eaux de surface. Ces eaux se seraient chargées d'acide carbonique et, en même temps, de phosphate de chaux au contact des matières végétales et animales en décomposition; filtrant ensuite à travers un sol plus ou moins perméable et léchant les parois rocheuses des fentes ouvertes dans le calcaire jurassique, elles les auraient peu à peu corrodées, en laissant insolubles les parties argileuses et ferrugineuses du calcaire, elles auraient ainsi abandonné peu à peu les concrétions phosphatées sous l'influence de phénomènes souvent répétés de concentration et d'évaporation. Il n'y aurait alors rien que de naturel dans la présence d'ossements et de galets entraînés pendant cette longue période de temps vers des crevasses encore béantes.

On pourrait attribuer la présence du fluorure en quantité faible et variable dans les phosphorites, soit à la dissolution de phosphates primitivement sans fluor ou fluorés d'une manière inégale, soit à la fixation sur le phosphate en voie de dépôt de traces de fluorure empruntées aux terrains traversés par les eaux d'infiltration.

Ainsi les différentes circonstances observées dans les gites du Quercy trouvent une explication plausible dans la théorie du dépôt des phosphorites par les eaux venues de la surface et non pas venues de la profondeur, comme celles qui ont produit les gites filoniens véritables.

Nous allons voir que la même théorie s'applique sans difficulté à d'autres gites, notamment à ceux des phosphorites du Gard, de l'Hérault, de l'Oranais, etc.

Phosphorites du Gard.

Il existe dans le Gard, comme dans le Lot, le Tarn-et-Garonne et l'Aveyron, des gites de phosphates concrétionnés remplissant des crevasses ou des poches au milieu de

roches calcaires. Mais ces roches ne sont pas toujours du même âge et les phosphorites elles-mêmes paraissent s'être déposées à des époques diverses.

A Quissac, les excavations sont ouvertes dans le calcaire oxfordien et l'âge du dépôt paraît être contemporain de celui du Quercy.

A Tavel, à Lirac, à Saint-Maximin (arrondissement d'Uzès), les poches se trouvent dans un calcaire compact, que l'on rapporte à l'étage urgonien ou au néocomien supérieur. Mais ici encore, les ossements de *Palæotherium* et d'*Anoplotherium*, qu'on y a rencontrés, assignent à la formation phosphatée le même âge qu'à celles de Quissac et du Quercy.

Les gîtes récemment mis en exploitation sur le plateau d'Uzès, en face d'Avignon, notamment celui de la Capelle, étudié par M. Nicolas et M. Depéret, présentent une faune différente, que ces savants rapportent au commencement de l'ère quaternaire (*).

Les échantillons, que j'ai eus entre les mains, des phosphorites de Quissac (XXIII) présentent une texture concrétionnée très nette, avec zones d'accroissement brunes et jaunes et surfaces très mamelonnées.

Je dois à l'obligeance de M. Depéret quelques échantillons des phosphates de la Capelle; leur couleur est blanc jaunâtre; leur texture un peu grenue et caverneuse (XXIV à XXVI).

L'essai a donné :

	P ² O ₅	P	Fl	$\frac{P}{Fl}$
XXIII	33,10	0,05	2,95	0,02
XXIV.....	35,64	1,89	3,18	0,59
XXV	34,00	1,20	3,03	0,40
XXVI	36,26	1,37	3,23	0,42

La teneur en fluor de la phosphorite concrétionnée de

(*) *Comptes Rendus*, 14 janvier 1895.

Quissac est donc presque nulle; celle des phosphorites grenues de la Capelle est beaucoup plus élevée; il faut probablement l'attribuer à la nature des terrains traversés par les eaux qui ont donné naissance aux dépôts phosphatés. Peut-être ces terrains renferment-ils des phosphates sédimentaires, comme il en existe à peu de distance, soit dans les couches néocomiennes, soit dans les grès verts et le gault (*).

Je puis citer, au contraire, comme absolument exempt de fluor, un échantillon de phosphorite compacte, d'un blanc jaunâtre, envoyé par M. Blanc, pharmacien à Remoulins (Gard), qui l'avait recueilli au pied d'une grotte naturelle située près du Pont-du-Gard, dans l'arrondissement d'Uzès. D'après les observations de M. Blanc, ce phosphate compact paraît provenir d'un dépôt formé par des eaux filtrant doucement à travers le sol de la grotte; or M. Cazalis de Fondouce a trouvé dans cette grotte une terre rougeâtre avec beaucoup de débris d'ossements et divers objets attestant que la grotte a été habitée par l'homme. L'examen de cette phosphorite a donné :

	P ²⁰⁵	fl
XXVII.....	27,85	néant

Le fait de l'absence de fluor concorde bien avec l'hypothèse d'un dépôt par des eaux ayant filtré au contact d'os assez récents et non fluorés.

Phosphates de l'Hérault.

Le département de l'Hérault possède quelques gites phosphatés. Je citerai, entre autres, celui de la *Montagne de Cette*, situé à peu de distance de cette ville. Un échantillon (XXVIII), déposé par Ed. Fuchs dans la collection

(*) Paul de GASPARIN, *Comptes Rendus*, 17 novembre 1804.

des gites minéraux de l'École des Mines, montre la phosphorite adhérente à un calcaire compact de l'étage oxfordien, dans lequel le gite se trouve encaissé. L'analyse a donné :

Acide phosphorique	32,28	$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	69,79
Fluor, chlore	traces	CaCO^3	21,86
Acide carbonique	9,62	$(\text{Al}, \text{Fe})^2\text{P}^2\text{O}^8$	0,64
Chaux	50,07	Fe^2O^3	0,53
Oxyde de fer et alumine	0,85	Insoluble	0,51
Insoluble	0,51	Eau et mat. org.	6,76
Perte à 130°	0,98		<u>100,09</u>
Perte au-dessus de 130°	5,78		
	<u>100,09</u>		

Phosphates de l'Oranais (Algérie).

On a découvert, dans le département d'Oran, une série de grottes à phosphates, dont plusieurs ont pu donner lieu à une exploitation industrielle de quelque importance.

Je citerai celles du Djebel Toumaï, du Djebel Tadjera, de Tlemcen et de la vallée du Cheliff.

1. — M. Flamand, chargé de conférences à l'École supérieure des Sciences d'Alger, a bien voulu, en m'envoyant des échantillons du Djebel Toumaï, me fournir quelques explications sur ce gite, situé près de Nédromah, entre Nemours et Lalla-Marnia, vers l'ouest de l'Oranais.

Il est constitué par des filons-poches, ouverts dans des calcaires compacts, qui appartiennent aux terrains liasiques (lias moyen ou inférieur). On les a exploités en 1888 et on y a trouvé des phosphates concrétionnés proprement dits, avec teneurs de 30 à 38 d'acide phosphorique, et des brèches phosphatées à la teneur moyenne de 20 p. 100.

Les brèches se rencontrent toujours à la partie supérieure des poches, formant au-dessus du phosphate concrét-

tionné une sorte de couverture ou de *carapace*, nom qui leur est assez couramment donné par les géologues et par les exploitants ; elles sont formées de débris de calcaire liasique entremêlés avec des fragments de phosphorite et cimentés par une terre argileuse rougeâtre, un peu phosphatée. Ces brèches paraissent être le produit du remaniement par les eaux météoriques de phosphates antérieurement déposés.

On y trouve nettement incluses des coquilles nombreuses d'*Helix aspersa*, *Helix lactea*, etc. ; mais ces fossiles ne peuvent servir à déterminer que l'âge de la brèche, qui est quaternaire, et non celui des phosphorites elles-mêmes, lequel est encore discuté (quaternaire ou pliocène).

Les phosphates concrétionnés présentent des aspects variés : tantôt blancs à veines grises (XXIX-XXXI), tantôt à veines brunes et rosées (XXXII), tantôt d'un brun marron (XXXIII) ou à portions jaunes et noires (XXXIV). Des zones manganésifères s'observent souvent en profondeur au contact des calcaires encaissants. Les échantillons XXXV et XXXVI sont des fragments, l'un marron, l'autre rougeâtre, de la brèche avec *Helix* de Djebel Toumaï.

		P ² O ₅	<i>fl</i>
Djebel Toumaï	XXIX.	37,48	0,10
	XXX.	36,90	tr.
	XXXI.	36,20	tr.
Phosphorites	XXXII.	29,93	0,06
	XXXIII.	33,71	0,08
	XXXIV.	34,73	tr.
Brèche-carapace	XXXV.	29,10	tr.
	XXXVI.	20,47	tr.

2. — Les échantillons XXXVII et XXXVIII appartiennent à une brèche osseuse du Djebel Tadjera (Traras), que M. Pomel a étudiée et déterminée comme étant d'âge

quaternaire; elle forme un amas phosphaté en forme de poche dans les terrains jurassiques.

		P ² O ⁵	fl
Phosphorite ferrugineuse.....	XXXVII	18,22	tr.
Brèche à ossements	XXXVIII	4,75	néant

On voit que ces phosphorites sont presque absolument dépourvues de fluor. La plus haute teneur observée ne dépasse pas $\frac{1}{375}$ de la teneur en acide phosphorique. On y a, d'ailleurs, constaté la complète absence de chlore, mais on y trouve un peu d'alumine et d'oxyde de fer.

3. — On a, depuis quelques années, exploré et mis en exploitation de nombreuses grottes à phosphates dans l'arrondissement de Tlemcen et spécialement dans la vallée du Cheliff, où elles se montrent disséminées sur 30 ou 40 kilomètres d'étendue, à l'ouest d'Orléansville.

D'après les renseignements que je dois à M. Bourbon, ingénieur civil des mines, ces grottes sont ordinairement signalées à la surface par de petits mamelons, dont elles occupent à peu près $\frac{1}{8}$ de la surface. Elles sont généralement allongées, évasées par le bas et reliées à la surface par des fissures du terrain encaissant.

Ce terrain est du calcaire à *Lithothamnium* ou à Mélobésies, qui représente le miocène moyen (helvétien) et parfois aussi le miocène supérieur (sahélien).

Le phosphate remplit le fond des grottes, à la façon des stalagmites, et l'on peut compter, en général, sur 12 tonnes de minerai par mètre carré de surface stalagmitique. Le phosphate concrétionné du fond des grottes est à 70 ou 80 p. 100 de phosphate tribasique; le phosphate terreux supérieur varie de 30 à 40 p. 100 et ne peut être employé que sur place.

L'analyse a porté sur des phosphorites exploitées dans

les grottes de Retaïmia (XXXIX), d'Inkermann (XL) et de Djorf el Amar, commune de Nedrama (XLI) ; les échantillons étaient demi-opalins à cassure conchoïdale, veinés de jaune et de jaune vert :

	P ₂ O ₅	fl
XXXIX.....	40,66	0,08
XL.....	38,59	0,05
XLI.....	32,45	0,11

Le remplissage des grottes à phosphates de l'Oranais doit être rapporté, sans hésitation, à l'apport de matériaux du dehors par des eaux de surface. L'absence presque complète de fluor ne peut guère se concilier avec l'hypothèse de sources minérales venues de la profondeur. On ne saurait, non plus, admettre que le dépôt ait été fait par des eaux qui auraient filtré à travers les terrains suessonniens situés au-dessous du calcaire à Mélobésies ; car, si ces terrains renferment des phosphates sédimentaires, ils doivent être, comme les phosphates de même âge des départements d'Alger et de Constantine, incomparablement plus riches en fluor, et, par conséquent, leur dissolution par les eaux aurait certainement donné naissance à des dépôts de phosphorites beaucoup plus fluorées que ne le sont les phosphorites des grottes du Cheliff (*).

(*) J'ai cherché à me rendre compte des résultats que pouvait donner l'action de l'eau sur des phosphates naturels, plus ou moins fluorés.

5 grammes du phosphate sédimentaire de Beauval, riche en fluor (LXXVIII), ont été mis, après pulvérisation, dans de l'eau distillée, saturée d'acide carbonique à la pression ordinaire ; après quelques jours de digestion, on a décanté et renouvelé le liquide. Le même traitement, renouvelé pendant deux mois environ, a donné un résidu insoluble et une dissolution, qui a été évaporée ; puis on a dosé l'acide phosphorique et le fluor dans chaque partie :

	P ₂ O ₅	fl	$\frac{fl}{P_{2}O_{5}}$
Phosphate naturel (5 gr.).....	37,20	3,26	$\frac{1}{11.4}$
Résidu indissous (4 ^{sr} ,12).....	41,92	3,66	$\frac{1}{11.4}$
Partie dissoute (0 ^{sr} ,88).....	14,35	1,21	$\frac{1}{11.8}$

Phosphates alumineux.

C'est aussi à l'action des eaux superficielles ayant lavé des débris organiques phosphatés, qu'il convient de rap-

On voit que les teneurs en fluor et en acide phosphorique ont augmenté dans la partie insoluble et sont devenues moindres dans la partie dissoute; cela se comprend aisément, parce que le phosphate naturel renfermait du carbonate de chaux, qui s'est dissous plus aisément que le fluophosphate. Mais le *rapport* entre la teneur en fluor et la teneur en acide phosphorique n'a pas varié d'une manière bien sensible.

Répétée sur un os fossile riche en fluor, l'expérience a donné des résultats analogues :

	P ² O ⁵	fl	$\frac{fl}{P^{2}O^{5}}$
Côte d'Halitherium en poudre.	18,85	1,67	$\frac{1}{11.25}$
Résidu indissous.....	20,02	1,78	$\frac{1}{11.24}$
Partie indissoute.....	11,37	0,96	$\frac{1}{11.84}$

En opérant, au contraire, sur un os moins fluoré, on observe une diminution sensible dans la teneur en fluor de la partie dissoute :

	P ² O ⁵	fl	$\frac{fl}{P^{2}O^{5}}$
Os d'Acerotherium.....	35,70	0,89	$\frac{1}{40.1}$
Résidu indissous.....	38,20	0,97	$\frac{1}{39.5}$
Partie dissoute.....	10,42	0,11	$\frac{1}{97.4}$

On est donc fondé à conclure de ces essais que les phosphates, dont la teneur en fluor est voisine de celle de l'apatite, sont presque intégralement dissous par l'eau chargée d'acide carbonique; la proportion de fluor baisse d'une façon peu sensible dans la portion dissoute.

Au contraire, les os fossiles incomplètement fluorés abandonnent à l'eau carbonique une partie de phosphate, où la proportion de fluor est notablement moindre que dans la partie insoluble.

On arrive à un résultat semblable en opérant sur un mélange de phosphate fluoré et de phosphate sans fluor. Par exemple 10 grammes d'un mélange à parties égales de phosphate de Beauval (LXXVIII) et de phos-

porter la formation de certains phosphates alumineux, comme ceux des cavernes qui ont été récemment étudiées dans l'Oranais et dans l'Hérault.

M. Armand Gautier a décrit avec détail (*) les découvertes qu'il a faites avec son frère dans la *grotte de Minerve*, située près du hameau de Fouzan (Hérault) sur la paroi rocheuse qui domine la rivière de la Cesse.

Il expose que cette grotte est ouverte suivant une faille presque verticale, qui met les schistes dévonien en contact avec le calcaire éocène à Alvéolines. On a trouvé dans cette caverne une riche collection d'ossements d'animaux quaternaires et d'abondants dépôts de phosphates, dont la masse peut, dit-il, dépasser 120.000 tonnes.

Cette masse ne comprend pas seulement des phosphates tribasiques de chaux, mais aussi des phosphates blancs, farineux, où il reconnut un phosphate hydraté bicalcique (*brushite* ou *métabrushite*), déjà rencontré et décrit dans les guanos des Antilles, et un phosphate alumineux nouveau, auquel il donna le nom de *minervite*.

L'analyse que j'ai faite de ce minéral (XLII), dont l'aspect rappelle celui du kaolin, montre (**) que c'est un phosphate hydraté et légèrement acide d'alumine et de potasse, avec traces d'ammoniaque, de chaux, de magnésie

phorite de Caylus (XX) ont donné :

	P ² O ₅	<i>n</i>	$\frac{P^{2}O_5}{n}$
Résidu indissous (8 ^r ,23).....	37,70	1,91	$\frac{1}{19.7}$
Partie dissoute (1 ^r ,77).....	13,28	0,53	$\frac{1}{25.0}$

On voit que le phosphate tribasique de chaux est plus soluble que le phosphate fluoré, puisque le rapport entre les quantités du fluor et d'acide phosphorique a diminué dans la partie dissoute et augmenté dans la partie indissoute.

(*) *Annales des Mines*, 1894, 1^{er} semestre.

(**) *Annales des Mines*, 1895, 2^e semestre, p. 319.

et d'oxyde de fer, presque entièrement dépourvu de fluor:

	XLII
Acide phosphorique.....	37,28
Alumine.....	18,59
Peroxyde de fer.....	0,83
Potasse.....	8,28
Chaux.....	1,40
Magnésie.....	0,33
Ammoniaque.....	0,52
Eau perdue à 180°.....	23,70
Perte de poids de 180° au rouge.....	4,50
Sable, argile.....	4,35
Fluor, chlore, acide sulfurique.....	traces
	<hr/> 99,78

M. Gautier a expliqué la production de ces différents phosphates par une transformation de matières organiques azotées, sous l'influence de ferments oxydants ayant donné naissance à des phosphates ammoniacaux, qui se sont eux-mêmes convertis, au contact de calcaires et d'argiles ou d'hydrates d'alumine, en phosphates tri- et bicalcique et en phosphate alunino-potassique; il devait se produire, en même temps, des nitrates; mais ces sels très solubles ont été entraînés par les eaux d'infiltration.

J'ai retrouvé la minervite, avec une composition à peu près identique, dans de petites masses blanches (XLIII) que m'a envoyées M. Pallary (*) à la suite d'une exploration faite dans une caverne à phosphates qui a été exploitée, il y a peu d'années, à la Tour Combes, à 10^{km},4 d'Oran sur la route de Tlemcen, dans la commune de Misserghin:

(*) *Annales des Mines*, 1895, t. II, p. 314.

	XLIII	
Acide phosphorique	35,17	
Alumine	18,18	
Potasse	5,80	
Ammoniaque	0,48	
Chaux	0,31	
Eau avec un peu	} perte à 100°.....	13,40
de matière organique		10,55
Perte de 180° au rouge.....		4,35
Magnésie, fluor, chlore, acide sulfurique....		traces
		<hr/> 99,84

Les renseignements donnés par M. Pallary font voir que cette grotte a dû être remplie par les eaux de surface, apportant les produits du lessivage de débris organiques, puis s'infiltrant dans le sol, où pouvaient se produire des composés nouveaux, et abandonnant peu à peu les substances dissoutes.

Il y a une quinzaine d'années, j'avais eu à examiner un échantillon de phosphate alumineux, présenté au Bureau d'essai comme provenant de l'îlot du Commandeur, situé en face de la côte de la Guyane. L'analyse de cette matière concrétionnée rougeâtre (XLIV) donna :

Acide phosphorique.....	34,88
Alumine	28,60
Chaux.....	0,80
Magnésie	0,15
Peroxyde de fer.....	9,00
Argile.....	2,00
Eau et matières organiques.....	24,00
	<hr/> 99,43

Mon attention ne se portant pas, à cette époque, sur la présence du fluor dans les phosphates, je ne saurais affirmer qu'il ne s'en trouvait aucune trace dans la matière; mais je suis porté à le croire d'après les essais faits sur les autres échantillons de phosphates alumineux hydratés..

Les indications, malheureusement trop vagues, que je pus obtenir sur le gisement de ce phosphate, me font supposer que son origine doit être attribuée, comme dans les cas précédents, au lavage par les eaux de pluie de quelque abondant dépôt de guano et à la réaction des dissolutions sur les matériaux du sol sous-jacent.

Conclusions.

Résumons en peu de lignes les observations faites, d'après l'étude des divers gisements de phosphorites, sur le mode de formation de ces substances.

On savait déjà qu'elles ont toujours été produites par dissolution et dépôt ultérieur des matières qui les composent.

Il ne nous semble pas que ce dépôt puisse être attribué à des eaux minérales venues de la profondeur, dont le régime régulier ne permettrait guère d'expliquer la teneur en fluor souvent très faible et très irrégulière des phosphorites. A notre avis, c'est exclusivement pour les apatites cristallisées ou en masses cristallines ou fibreuses, qu'il y a lieu de croire à l'intervention de phénomènes éruptifs ou de sources thermales.

La production de phosphorites plus ou moins fluorées peut être expliquée souvent par l'action d'eaux douces sur des phosphates sédimentaires ou sur des ossements fossiles; la teneur en fluor peut, d'ailleurs, n'être pas restée la même dans les phosphorites que dans les phosphates primitifs, à raison des gains qui ont pu se produire pendant la filtration des eaux phosphatées au travers du sol.

La décomposition de matières organiques, d'origine animale ou végétale, contenant du phosphore, leur transformation sous l'influence de ferments oxydants et la réac-

tion des produits dissous sur les terrains traversés ou encaissants, peuvent aussi avoir donné naissance à une certaine quantité de phosphates tricalciques, bicalciques ou alumineux, suivant la théorie exposée par M. Armand Gautier. Mais ces phosphates ne sont pas ou sont très peu fluorés, parce qu'ils ont pour origine des substances à peu près dépourvues de fluor.

III. — PHOSPHATES SÉDIMENTAIRES.

On ne s'était guère occupé, jusqu'à ces dernières années, de déterminer la teneur en fluor des phosphates sédimentaires non plus que des phosphates concrétionnés. Quelquefois seulement on cherchait à constater la présence ou l'absence du fluor par des essais qualitatifs, que la présence de la silice rendait au moins douteux.

M. Charles Delattre fut des premiers, dans son *Étude sur les gisements français de phosphate de chaux* (1882), à tenter de faire le dosage du fluor et à calculer la quantité de fluorure de calcium correspondante, pour la faire figurer dans le tableau de la composition des phosphates. Malheureusement, les procédés de dosage manquaient alors d'exactitude, et les résultats trouvés étaient trop incertains pour éclairer véritablement la question d'origine des phosphates (*).

Plus récemment, M. Henri Lasne, grâce à des analyses exactes et à l'examen très soigné des gîtes qu'il décrivait, put faire des rapprochements intéressants et présenter des idées nouvelles sur l'origine des phosphates de chaux sédimentaires.

(*) C'est ainsi que, dans la brochure de M. Delattre, fort intéressante sous bien des rapports, certaines phosphorites du Quercy figurent avec une teneur en fluor plus élevée que les nodules des sables verts des Ardennes, tandis que leur teneur réelle est incomparablement plus faible.

Après avoir étudié en détail les gites des environs d'Argenton (Indre) (*), puis ceux des environs de Doullens (Somme) (**) et avoir comparativement analysé les phosphates de Grandpré (Ardennes) et ceux de Mons (Belgique), il formula cette conclusion que : « les phosphates sédimentaires sont, en réalité, des fluophosphates à composition définie, identique à celle de l'apatite, c'est-à-dire contenant 1 équivalent de fluor pour 3 équivalents de phosphore (***). »

D'après lui, ces fluophosphates auraient été fournis de toutes pièces par les roches éruptives et cristallophylliennes, où l'on trouve souvent l'apatite en très petits cristaux disséminés ; la désagrégation de ces roches et la dissolution des fluophosphates par les eaux de la mer chargées d'acide carbonique, puis la concentration des sels dissous dans des mers moins profondes et le dégagement partiel de l'acide carbonique contenu, telle serait la série des phénomènes qui auraient donné naissance aux phosphates sédimentaires, c'est-à-dire à des précipités chimiques ayant la même composition que l'apatite primitive. Pour compléter l'explication, il faut encore supposer que ces précipités, d'abord accompagnés de carbonate de chaux et disséminés dans une masse pâteuse, se soient peu à peu réunis en petits nodules et que des eaux chargées d'acide carbonique aient dissous le carbonate de chaux, sans attaquer le fluophosphate (****).

A l'occasion de ce travail, une discussion fort intéressante sur la question des phosphates eut lieu en mars 1891 et mars 1892 devant la Société géologique de France. A la théorie de M. Lasne, appuyée par M. Munier-Chalmas. M. de Lapparent fit diverses objections : des précipi-

(*) Extrait des *Annales géologiques*, 1889.

(**) *Bulletin de la Société géologique de France*, 1890, p. 441.

(***) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 30 juin 1890.

(****) M. H. LASNE, *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1887.

tations minérales ne se comprennent guère, si ce n'est dans des solutions saturées des sels qui se déposent ; on sait, au contraire, que les animaux excellent à extraire du milieu où ils vivent des substances, qui s'y trouvent en si faible quantité que la chimie parvient à peine à les déceler, même qualitativement ; des animaux vivants ont donc dû certainement intervenir pour extraire des eaux marines la dose presque infinitésimale d'acide phosphorique qu'elles renferment (*).

Cette observation nous paraît fort juste.

Il n'est pas douteux que des organismes vivants, animaux ou végétaux, sont capables d'extraire et de concentrer sur une partie de leur être le phosphate de chaux contenu dans les eaux de la mer, comme d'autres organismes en extraient le carbonate de chaux, dont ils forment leurs coquilles, comme d'autres en retirent la silice, la potasse, l'iode, etc. ; c'est aussi par un phénomène de ce genre que le phosphate de chaux est pris dans le sol par les plantes et se concentre dans leurs graines, qu'il est ensuite extrait des plantes ou des graines par les animaux vertébrés et accumulé dans leurs os.

Cependant l'intervention des êtres vivants n'est pas le seul et unique processus par lequel puisse se faire une ségrégation des éléments minéraux.

On sait que la silice dissoute, en se portant sur des restes fossiles au milieu des bancs de calcaires de différents âges, a donné naissance aux nodules de silex, aux meulieres, aux bois silicifiés, aux coquilles fossiles épigénisées.

De même, une grande partie des nodules de phosphate de chaux sont des coquilles de mollusques ou des restes végétaux transformés et remplis par la matière phosphatée.

(*) *Compte Rendu sommaire des séances de la Soc. géol.*, 21 mars 1892.

Il ne s'agit pas là d'un remplissage mécanique par introduction de la matière phosphatée dans des cavités préexistantes. On remarque, au contraire (*), que la richesse en acide phosphorique est en raison directe de la ténuité des ouvertures ; lorsque l'orifice est petit, comme dans les oursins, la masse est compacte, dense, homogène et très riche en phosphate ; lorsque l'ouverture est plus grande, on ne trouve souvent que du carbonate de chaux et des grains glauconieux et quartzeux.

Il semble donc que le phosphate de chaux ait pris la place de la matière organique elle-même qui remplissait les coquilles ou qui formait les fibres du bois. Nous ignorons quel a été le mécanisme de cette substitution. On peut supposer qu'elle s'est effectuée par suite d'une disposition spontanée de la matière, comparable à celle qui donne lieu à la cristallisation et à l'accroissement des minéraux au milieu des eaux-mères. On peut aussi songer à l'attribuer au travail de cette légion d'êtres microscopiques, qui se développent sur les corps organisés, après leur mort.

J'ai cherché à me rendre compte si un phénomène analogue pourrait se produire, d'une manière sensible, dans une expérience de laboratoire de courte durée. A cet effet je pris une dizaine de moules, dont le corps isolé de la coquille laissait, à l'incinération, en moyenne, 14 milligrammes de cendres : ces 10 moules furent abandonnées pendant 50 jours (du 11 septembre au 1^{er} novembre 1892) dans un flacon de 2 litres, bouché à l'émeri et contenant 1.500 centimètres cubes d'eau de Seltz et 45 grammes de phosphate tribasique de chaux précipité. Après ce temps, elles furent incinérées et fournirent 314 milligrammes de cendres, c'est-à-dire 174 milligrammes de plus qu'elles n'auraient donné dans l'état primitif (140 mil-

(*) Ch. DELATTRE, *Étude sur les gisements français de phosphate de chaux*, 1882, p. 40.

ligrammes). La cendre obtenue contenait :

Phosphate tribasique de chaux.....	86,88
Carbonate de chaux.....	11,18
Oxyde de fer et alumine.....	1,91
	<hr/>
	99,97

Le résultat était donc bien conforme aux prévisions.

Une autre expérience plus facile à conduire, à raison de la consistance de la matière, qui ne se putréfiait pas, fut faite sur du bois d'allumettes. L'incinération de 100 parties de ce bois donna 0,44 de cendres, contenant 0,00018 d'acide phosphorique (soit 4,07 p. 100 du poids des cendres).

Après un séjour de 7 mois dans un flacon fermé avec de l'eau distillée, du phosphate de chaux en poudre (5 grammes) et du carbonate d'ammoniaque (2 grammes), 100 parties donnèrent 0,33 de cendres contenant 7,75 p. 100 de leur poids d'acide phosphorique.

En opérant de même, mais avec de l'eau de Seltz au lieu d'eau distillée, la proportion de cendres obtenues fut de 0,66 ; l'acide phosphorique s'y trouvait dans la proportion de 24,25 p. 100.

D'autres tiges d'allumettes furent laissées, pendant 7 mois également, dans un flacon débouché à large ouverture, avec de l'eau et 5 grammes de phosphate de chaux en poudre ; à plusieurs reprises, on laissa l'eau s'évaporer et on en remit d'autre ; puis on sécha et incinéra. On trouva 2,51 p. 100 de cendres, qui renfermaient 38,57 centièmes de leur poids d'acide phosphorique et 52,27 centièmes de chaux.

Il y avait eu, dans les deux premiers cas et surtout dans le troisième, fixation d'une importante proportion de phosphate tribasique de chaux sur la matière ligneuse, et l'on conçoit fort bien qu'à la longue il puisse y avoir épi-génie complète et formation de bois phosphatisé.

On peut maintenant rapprocher ces faits d'expériences de ceux que j'ai fait connaître à propos de la fluoration graduelle des ossements fossiles (*), établissant que les os d'animaux, essentiellement composés de phosphate tribasique de chaux, peuvent se charger graduellement de fluorure de calcium dans une dissolution qui renferme un peu de fluorure alcalin ou dans de l'eau qui reste en contact avec du spath-fluor en poudre fine. Je rappellerai que cet accroissement de la teneur en fluor se fait surtout aisément, lorsque, à plusieurs reprises, il y a évaporation de l'eau et addition d'eau nouvelle. Le phosphate tribasique de chaux paraît avoir une tendance marquée à se fluorer jusqu'à prendre la composition de l'apatite.

Cette double série d'expériences permet de conclure que, dans la nature, il peut se produire, sur les matières organiques, dépôt de phosphate tribasique de chaux, et sur le phosphate ainsi formé, fixation de fluorure de calcium.

Rien ne semble, d'ailleurs, s'opposer à ce que les deux phénomènes se réalisent en même temps, si l'eau renferme à la fois des phosphates et des fluorures, et qu'ils produisent, en conséquence, le même effet qu'un dépôt du fluophosphate de chaux, que M. H. Lasne a supposé exister en dissolution dans les eaux de la mer. Mais, au lieu de la composition toujours identique, à laquelle conduit cette supposition, les deux actions indépendantes du phosphate et du fluorure, qu'elles soient successives ou simultanées, peuvent conduire soit à des fluophosphates ayant la composition de l'apatite, soit à des phosphates plus ou moins fluorés que le composé cristallin (**).

(*) *Annales des Mines*, 1893, 1^{er} semestre, p. 185.

(**) Il n'est pas sans intérêt de faire observer que les apatites des roches ou des filons, dont la dissolution aurait, d'après la théorie de M. Lasne, produit les fluophosphates contenus dans la mer, sont, en réalité, en partie fluorées et en partie chlorées ; or les phosphates sédimentaires, comme les os fossiles, sont toujours exclusivement fluorés, malgré la présence d'une quantité considérable de chlorures dans les eaux de la mer.

J'ai déjà fait remarquer, à propos des os fossiles, qu'ils renfermaient très souvent moins de fluor que l'apatite, ce qui s'explique aisément par insuffisance de la quantité de fluorures contenue dans les dissolutions agissantes ou par insuffisance du temps de leur action. J'ai fait remarquer aussi qu'ils pouvaient, au contraire, en contenir davantage, fait qui peut être expliqué par un dépôt de fluorure de calcium, résultant d'une sursaturation de la solution de ce sel dans les eaux de la mer, si elles venaient à s'isoler dans une lagune ou un bassin fermé (*).

Nous retrouverons les mêmes irrégularités dans l'examen des phosphates sédimentaires, car ces phosphates présentent souvent une composition voisine de celle de l'apa-

(*) Comme les eaux de la mer paraissent avoir dû jouer un rôle prépondérant dans la fluoration des phosphates sédimentaires, j'ai tenu à m'assurer, par une expérience directe, de la présence du fluor dans ces eaux et même à en déterminer la proportion avec toute l'approximation possible.

Grâce à l'obligeance de M. de Lacaze-Duthiers, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, j'ai pu faire venir de son laboratoire de Roscoff une tourie, remplie d'eau de mer à quelques centaines de mètres de distance de la côte. Je me suis attaché à y faire le dosage du fluor avec tout le soin désirable.

42 litres d'eau ont été évaporés à sec (6 jours) dans une grande capsule de porcelaine avec un peu de chaux, destinée à empêcher toute perte de fluorure. Le résidu a été lavé soigneusement avec 8 litres d'eau distillée (10 jours), de manière à dissoudre tous les chlorures, sans entraînement sensible de fluorure de calcium. La masse restante a été calcinée modérément, puis reprise par l'acide acétique étendu, afin de dissoudre le carbonate de chaux, enfin lavée avec 5 litres d'eau, pour enlever le plus possible de sulfate de chaux.

Le résidu, après une légère calcination, pesait encore 66 grammes. Il a été mêlé avec 75 grammes de silice pure et soumis, en deux parties successivement, à l'action de l'acide sulfurique concentré dans un courant lent d'air parfaitement desséché. Les gaz, conduits par un tube rigoureusement sec jusqu'à une dissolution à 15 p. 100 de fluorure de potassium pur, y ont formé un précipité de fluosilicate de potassium, qui, lavé à l'alcool et séché sur filtre taré, s'est trouvé peser 100 milligrammes. La proportion de fluor dégagé à l'état de fluorure de silicium était de 34^m.54 pour les 42 litres d'eau.

Par conséquent, 1 mètre cube d'eau de l'Océan Atlantique renferme 0^m.822 de fluor ou 1^m.687 de fluorure de calcium.

tite, mais quelquefois aussi une proportion de fluor moindre ou plus élevée (*).

J'ai cru devoir, dans les pages qui précèdent, rectifier, sur quelques points, les théories géogéniques relatives au mode de formation des phosphates sédimentaires, en m'appuyant sur des expériences nouvelles et sur des analyses nombreuses.

Il me reste à présenter ces analyses, qui embrassent presque tous les types de phosphates sédimentaires, depuis les dépôts siluriens jusqu'aux formations quaternaires ou pléistocènes. J'ai choisi, de préférence, les gites qui offrent une réelle importance au point de vue de la production industrielle ; passant donc rapidement sur les phosphates des terrains primitifs, j'insisterai, au contraire, sur ceux des formations crétacées de la France, des couches éocènes de l'Algérie et de la Tunisie et des dépôts tertiaires de la Caroline du Sud et de la Floride, qui sont aujourd'hui les principaux centres d'extraction des phosphates minéraux.

Quelques-uns des échantillons analysés ont été empruntés à la collection de l'École des Mines, particulièrement ceux qui représentent des gites anciennement décrits et, en quelque sorte, classiques ; beaucoup d'autres, surtout provenant de gites dont la mise en valeur est assez récente, m'ont été procurés par les explorateurs, par les ingénieurs qui en ont organisé l'exploitation, ou par les directeurs des usines qui les transforment en produits marchands pour l'agriculture.

Pour un certain nombre de types importants par l'abon-

(*) M. Lasne a récemment signalé des résultats analogues : par exemple, en traitant par l'acide chlorhydrique un ossement fossile de Gourbesville (Manche), il a obtenu un résidu insoluble uniquement composé de fluorure de calcium ; tout le fluophosphate avait été dissous (*Annales de chimie analytique*, 1^{er} juin 1896, p. 208).

dance des minerais ou intéressants par quelque autre motif spécial, je donnerai des analyses complètes. Mais, dans beaucoup de cas, pour abréger, je me bornerai à faire connaître :

- 1° La teneur en acide phosphorique (P^2O^5) ;
- 2° La teneur en fluor (fl) ;
- 3° La teneur en fluor (Fl) de l'apatite normale correspondante, c'est-à-dire renfermant une égale quantité d'acide phosphorique ;
- 4° Le rapport calculé de ces deux teneurs $\left(\frac{fl}{F}\right)$ qui permet d'apprécier, le plus aisément possible, par comparaison, le degré de fluoration des phosphates.

Terrain silurien.

La plus ancienne couche de phosphate, qui ait fait l'objet d'une exploitation industrielle, est située dans le Nord du Pays de Galles, près de Llanfyllin ; elle appartient au grès de Caradoc (faune seconde du système silurien). On y trouve des nodules concrétionnés et colorés en noir par du graphite, renfermant environ 30 p. 100 d'acide phosphorique, réunis par un ciment noirâtre et pyriteux, qui contient lui-même 19 à 20 p. 100 d'acide phosphorique (*).

Dans les schistes siluriens de la Podolie, on a également observé l'existence de concrétions sphériques de phosphate de chaux, brunes ou noires, de structure fibreuse, avec noyaux terreux ou calcaires. Schwakhöfer (**), qui a fait l'étude de ce gîte, considère le phosphate comme résultant d'un métamorphisme de nodules de carbonate de chaux sous l'influence d'eaux d'infiltration qui s'étaient chargées des phosphates en traversant les schistes siluriens.

(*) DAVIES, *Geolog. Magazine*, 1867 ; *Quart. J. of Geol.*, 1875.

(**) *Jahrb. geol. Reichsanstalt*, XXI.

L'analyse lui a donné les résultats suivants (XLV) :

Phosphate de chaux.....	87,90
Fluorure de calcium.....	7,29
Carbonate de chaux.....	0,64
Oxyde de fer.....	1,06
Oxyde de manganèse.....	0,57
Argile.....	1,01
Silice.....	0,32
Substance organique.....	0,79
Eau.....	0,53
	<hr/>
	100,08

Le fluor dosé est donc $f = 3,54$.

Le fluor de l'apatite normale $Fl = 3,59$.

Le rapport $\frac{f}{Fl} = 0,986$ indique une composition très voisine de l'apatite.

Terrain dévonien.

On exploite dans le Nassau, sur les bords de la Diel et de la Lahn, des phosphates en forme de nodules disséminés dans un dépôt argileux, qui s'étend au-dessus de dolomies et de calcaires dévoniens ; la même substance, blanche, d'aspect terreux, se retrouve en veines serpentant à travers les couches de dolomie.

L'analyse sommaire a donné, p. 100 (XLVI) :

Acide phosphorique.....	31,80
Fluor (f).....	2,46
Fluor de l'apatite normale (Fl).....	2,84

$$\text{Rapport} = \frac{f}{Fl} = 0,84.$$

Mais je dois faire observer que les phosphates du Nassau ne sont pas de véritables phosphates sédimentaires ; plusieurs géologues les ont rapportés à des phénomènes

floniens, tandis que d'autres y ont vu un dépôt tertiaire plutôt que dévonien.

Dans le Tennessee (États-Unis d'Amérique) on a découvert en 1892 et, bientôt après, quatre sociétés ont commencé à exploiter un gîte sédimentaire de phosphate appartenant au terrain dévonien. Ce niveau paraît considérable ; il s'étend sur plusieurs comtés. On y a signalé une couche de nodules phosphatés à la partie supérieure, puis un banc de schistes noirs, dits de Chattanooga, et, au-dessous, une couche régulière de phosphate reposant sur des bancs de calcaire. La couche est continue et présente de 0^m,30 à 3 mètres de puissance. Le minerai est noir, assez compact, de composition irrégulière et complexe. On y trouve, avec le phosphate de chaux, du phosphate d'alumine, du fluorure de calcium, du carbonate de fer, de l'oxyde de fer magnétique, de la pyrite de fer, etc. L'analyse complète d'un échantillon, que m'a remis M. Ladureau, a donné (XLVII) :

Phosphate de chaux.....	52,72
Phosphate d'alumine.....	10,43
Fluorure de calcium.....	7,62
Sulfate de chaux.....	tr.
Carbonate de fer.....	5,64
Magnétite.....	9,86
Pyrite de fer.....	9,42
Silice, argile.....	2,35
Substance organique.....	0,78
Eau.....	1,85
	<hr/>
	100,67

L'acide phosphorique dosé (P^2O_5) = 30,20 p. 100 et le fluor (fl) = 3,67 ; le fluor calculé pour l'apatite normale est seulement (Fl) = 2,69. Le rapport $\left(\frac{fl}{Fl}\right)$ atteint donc la valeur 1,36, ce qui suppose l'existence dans le minéral

d'une quantité notable de fluorure de calcium en dehors du composé fluophosphaté correspondant à l'apatite.

Terrain carbonifère.

On sait que Berthier, après avoir reconnu, en 1818, l'existence du phosphate de chaux mêlé à la pyrite de fer dans les nodules crétacés de Wissant (Pas-de-Calais), fit, en 1825, une découverte semblable dans les nodules du terrain houiller de Fins (Allier) ; le phosphate de chaux y est associé au fer carbonaté lithoïde et à de l'argile en rognons terreux noirâtres disséminés dans les schistes argileux. Ce gîte n'a pas été exploité. Mais on a trouvé plus tard (1861) deux rognons noirs analogues dans les argiles schisteuses noires du bassin de la Ruhr, à Sprockhövel, et on a pu les utiliser pour la fabrication de superphosphate dans l'usine de Hörde.

Ces nodules, comme ceux du terrain silurien, paraissent devoir être attribués à un dépôt de phosphate de chaux laissé par des eaux d'infiltration.

On a également employé dans l'industrie une phosphorite terreuse, à structure un peu concrétionnée, mêlée de parties blanches et de parties brunâtres, trouvée à Baelen, dans le Limbourg belge. Elle paraît être d'origine geysérienne et a été rapportée à l'époque crétacée ou même à l'époque tertiaire, bien qu'elle se rencontre en veines dans le calcaire carbonifère.

L'essai d'un échantillon pour acide phosphorique et fluor a donné (XLVIII) :

$$\text{P}^{205} = 24,66; \quad fl = 1,98; \quad \text{Fl} = 2,19; \quad \frac{fl}{\text{Fl}} = 0,90.$$

Terrain permien.

On ne connaît pas de gîte régulier et continu de phosphates dans ce terrain; mais on a signalé des concrétions de phosphorite dans le grès rouge (*Rothliegende*) de Bohême et dans des argiles rougeâtres permienes du Var. On connaît aussi des nodules disséminés dans les schistes bitumineux du *Zechstein*, nodules qui ont été reconnus pour être des coprolithes de sauriens. J'ai fait l'essai de trois coprolithes venant du bassin permien d'Autun (Saône-et-Loire), de couleur noirâtre et d'aspect résineux :

	P ² O ₅	ρ	Fl	$\frac{\rho}{Fl}$
XLIX	23,53	2,13	2,10	1,01
L.....	23,50	2,00	2,10	0,95
LI.....	36,03	3,57	3,21	1,11

Trias.

On a signalé dans le trias de Lunéville des coprolithes nombreux, dans celui du Var des nodules de formes bizarres, ayant par exemple la forme de petites pommes accolées; mais les échantillons qui m'ont été remis, comme nodules de Boson (Var), étaient exclusivement calcaires et nullement phosphatés.

Terrain liasique.

Le terrain liasique est, en France, l'un des mieux pourvus en phosphate de chaux; il présente, à plusieurs niveaux, des couches de nodules, sans parler des éléments

phosphatés disséminés dans ses calcaires argileux et dans les minerais de fer oolithiques de ses bancs supérieurs.

Les nodules phosphatés du lias ont été, pour la première fois, reconnus par de Bonnard, en 1822, dans l'arrondissement de Semur. Plus récemment, différentes couches ont été découvertes et étudiées par M. Collenot (1872) dans l'étage sinémurien et dans les étages supérieurs de la Côte-d'Or et de l'Yonne : elles ont été retrouvées dans la Haute-Saône, la Haute-Marne, les Vosges, la Meuse et les Ardennes, ainsi que dans le Cher, l'Indre et les Deux-Sèvres.

Les gisements de Semur et d'Arnay-le-Duc et plusieurs autres parmi ceux qui viennent d'être cités ont, depuis 1876, donné lieu à des exploitations de quelque importance.

Ces exploitations s'appliquent presque toujours à des couches argileuses provenant de l'altération et de la dissolution par les eaux d'assises argilo-calcaires, telles que le calcaire à Gryphées arquées ; il y a eu concentration des phosphates dans un limon argileux et ferrugineux au pied des collines, qui montrent, en place, le calcaire phosphaté non altéré.

Dans l'Auxois, les nodules appartiennent à l'étage inférieur du lias proprement dit (sinémurien) ; puis, l'épaisseur du lit de phosphates varie, en général, de 0^m,10 à 0^m,20 ; elle s'élève quelquefois, par exception, à 0^m,30 ou 0^m,40 ; la masse du limon est trois ou quatre fois aussi considérable ; elle atteint parfois 2 ou 3 mètres d'épaisseur. Les nodules sont friables et ne peuvent être lavés que sur le crible. Après cette opération, ils ont une teneur en acide phosphorique comprise entre 27 et 29, rarement 30 p. 100. Le phosphate, examiné au microscope polarisant, se montre complètement amorphe.

L'essai m'a donné les résultats suivants sur deux nodules provenant de Semur (Côte-d'Or), d'aspect terreux,

avec fossiles empâtés, de couleur blanc jaunâtre:

	P ² O ₅	Æ	Fl	$\frac{\text{Æ}}{\text{Fl}}$
LII.....	28,40	2,05	2,53	0,81
LIII.....	26,40	2,14	2,35	0,91

Trois analyses complètes, de M. Ch. Delattre, achèveront de faire connaître la composition de ces phosphates.

	LIV	LV	LVI
Acide phosphorique.....	27,06	28,59	29,71
Acide sulfurique	traces	0,17	0,17
Acide carbonique.....	2,60	2,50	2,20
Fluor.....	1,75	2,40	1,55
Chaux	35,84	37,92	38,08
Magnésie.....	traces	0,18	traces
Alumine	2,40	2,47	2,63
Oxyde de fer	7,35	7,24	7,45
Silice	18,00	14,40	14,20
Eau à 100°.....	2,10	1,60	1,20
Matières volatiles au rouge sombre....	2,10	2,50	2,30
	<u>99,20</u>	<u>99,97</u>	<u>99,49</u>

On en tire :

	P ² O ₅	Æ	Fl	$\frac{\text{Æ}}{\text{Fl}}$
LIV.....	27,06	1,75	2,41	0,73
LV.....	28,59	2,40	2,55	0,94
LVI.....	29,71	1,55	2,65	0,58

Dans le département de l'Indre, les nodules phosphatés que l'on a exploités sur la lisière du Plateau Central, depuis Celon jusqu'à Neuvy-Saint-Sépulcre, occupent la base de l'étage moyen du lias (liasien ou charmouthien). Le phosphate y est amorphe, comme dans l'Auxois; il ne prend parfois un aspect cristallin que par suite du mélange avec du carbonate de chaux; il est alors gris, en général, tandis que le phosphate le plus riche est blanc et poreux. La couche exploitée présente une épaisseur de 0^m,15 à 0^m,25 et fournit de 60 à 100 kilogrammes de nodules au mètre carré de découvert.

M. Lasne a décrit en grand détail les diverses circonstances du gisement et les a très judicieusement expliquées dans une étude spéciale sur la géologie de cette région (*). Il a donné l'analyse complète de deux échantillons, d'un gris clair, venant le premier de Bazaiges, le second de Neuvy (Indre).

	LVI	LVII
Acide phosphorique.....	26,61	29,81
Acide sulfurique	1,31	1,10
Acide carbonique	4,58	4,05
Chaux.....	38,07	41,07
Magnésie	0,58	0,36
Fluorure de calcium	4,88	5,35
Alumine.....	2,79	1,73
Peroxyde de fer.....	3,01	2,15
Silice et silicates insolubles.....	13,77	8,95
Matière organique et eau (après des- siccation sur l'acide sulfurique)..	4,32	4,93
	<u>99,92</u>	<u>99,50</u>

d'où l'on tire :

	P206	<i>fl</i>	FI	$\frac{fl}{FI}$
LVII	26,61	2,37	2,39	0,99
LVIII.	29,81	2,60	2,66	0,98

Les proportions relatives de fluor et d'acide phosphorique se trouvent donc ici identiques avec celles de l'apatite normale, tandis qu'elles en diffèrent dans les nodules phosphatés de l'Auxois. Aussi suis-je porté à croire, comme je l'ai, d'ailleurs, expliqué plus haut, qu'il n'y a pas eu dissolution de fluophosphate dans les mers du lias et dépôt de ce composé avec le carbonate de chaux, suivant la théorie de M. Lasne, mais fixation sur les substances organiques, végétales ou animales, de calcaire et de phosphate plus ou moins fluoré dès l'abord et dont la

(*) *Contribution à l'étude géologique du département de l'Indre*, par M. Henri LASNE, 1889 ; G. Masson, éditeur.

fluoration a pu se continuer par la suite au contact de l'eau de la mer, de manière à donner un produit final plus ou moins voisin de l'apatite, tantôt un peu moins fluoré comme à Semur, tantôt avec un certain excès de fluor, comme nous en trouverons des exemples dans les nodules crétacés.

Sur les autres points abordés par M. Lasne, je ne puis que souscrire aux judicieuses inductions qu'il tire du minutieux examen des gisements phosphatés de l'Indre.

Dans les étages du *système jurassique* situés au-dessus du lias, il a été trouvé plusieurs niveaux phosphatés, notamment dans le bajocien du Calvados et de l'Anjou, dans l'oxfordien de la Nièvre et du Cher, dans le kimmeridgien du Calvados; mais aucun d'eux n'a été exploité.

Terrain crétacé inférieur.

Sans nous arrêter aux rares nodules phosphatés qui ont été trouvés dans les couches néocomiennes et aptiennes, arrivons tout de suite aux gisements si réguliers de l'étage albien, qui ont été, depuis près de quarante ans, l'objet de très nombreuses exploitations en France. Rappelons d'abord, en quelques mots, les débuts de cette industrie si importante.

Les nodules des sables verts, depuis longtemps connus dans les Ardennes, sous le nom de coquins ou de crottes du diable, à raison de leur forme bizarre, mais dont on ignorait la nature, furent, pour la première fois, analysés par M. Meugy, en 1852 et 1853; les premiers travaux d'extraction furent entrepris, en 1855, par M. Desailly, qui créa, en 1856, dans les environs de Grandpré, la première usine destinée à la pulvérisation des phosphates en France.

En 1856, paraissait l'étude magistrale d'Élie de Beaumont sur les gisements géologiques de phosphates et sur

l'utilité de leur emploi agricole. En même temps MM. de Molon et Thurneyssen se livraient à d'actives recherches sur les gîtes appartenant à la zone des grès verts et constataient l'existence de la chaux phosphatée dans trente-neuf départements (1857).

Les nodules phosphatés sont contenus principalement dans l'assise des *grès verts*, inférieure à la couche argileuse du *Gault* ; les affleurements de cette assise forment comme un vaste cordon, qui entoure le bassin de Paris depuis les Ardennes et la Meuse jusqu'en Normandie ; ils se retrouvent dans le Pas-de-Calais, dans le pays de Bray et sur d'autres points du bassin.

La couche varie entre 5 et 20 centimètres d'épaisseur ; la moyenne peut être évaluée à 0^m,12.

Les nodules sont le plus souvent isolés, lisses et mamelonnés, grisâtres ou d'un brun verdâtre à la surface, brun noirâtre dans la cassure ; ils sont quelquefois soudés en masse continue au milieu du sable. Ils renferment souvent des fossiles ou des bois phosphatés ; on y trouve aussi, avec du sable glauconieux, de l'argile, parfois de la pyrite ou du gypse, de l'oxyde de fer et des matières organiques un peu azotées.

Un second lit de nodules phosphatés existe au-dessus du gault, à la base de la couche siliceuse appelée *gaize* et caractérisée par la nature de la silice contenue, qui est en grande partie soluble dans les alcalis. Ce second lit phosphaté, découvert par M. Desailly, est moins régulier que le premier ; les nodules y sont poreux et souvent beaucoup plus friables ; mais ils ont une teneur plus élevée, tout en contenant le même genre d'impuretés que les nodules du gault.

Les nodules de la gaize ne se trouvent que par places à la base du massif formé par cette roche dans les départements des Ardennes, de la Meuse et de la Marne. Les nodules du gault, au contraire, se montrent non seulement

sur tout le pourtour du bassin de Paris, mais aussi dans le bassin du Rhône et notamment dans les départements de l'Ain et de la Haute-Savoie, de la Drôme, du Vaucluse, de l'Ardèche et du Gard.

Dans la Drôme et l'Ardèche, les nodules forment une série de lits assez minces, espacés au milieu des sables verts, qui occupent une hauteur totale de 6 à 12 mètres (Saint-Paul-Trois-Châteaux, Clansayes, Saut de l'Egue).

Dans l'Ain, à la Perte du Rhône, près Bellegarde, les nodules, d'un vert grisâtre clair, consistent principalement en coquilles phosphatées; ces coquilles appartiennent aux espèces du gault et de la gaize et se trouvent dans trois bancs sableux, dont l'épaisseur totale est de 1^m,80; le sable lui-même est sensiblement phosphaté, ce qu'on attribue à la présence de menus fragments de fossiles.

Ce sont aussi des coquilles et des débris fossiles, avec des concrétions amorphes, qui constituent le gîte des phosphates du Bas-Boulonnais; les nodules y sont empâtés dans l'argile grise très compacte du gault, immédiatement au-dessus des sables verts.

J'ai soumis à l'essai pour acide phosphorique et fluor une série d'échantillons de nodules appartenant aux trois assises superposées des sables verts, du gault et de la gaize.

1° Sables verts:

LIX. — Nodules vert sombre, de Macheromenil (Ardennes);

LX. — Nodules grisâtres, d'aspect terreux, de la Giberie (Aube);

LXI. — Nodules noirâtres avec parties brunes, de Triancourt (Meuse);

2° Gault:

LXII-LXIII. — Coquilles phosphatées, d'un gris verdâtre clair, avec glauconie, de Bellegarde (Ain);

3° Gaize:

LXIV. — Nodules compacts, gris à la surface, d'un

brun noirâtre à l'intérieur, de Croix-Saint-Hilaire (Ardennes).

	P ₂ O ₅	fl	Fl	$\frac{fl}{Fl}$
LIX	20,80	1,78	1,85	0,96
LX.....	21,82	1,87	1,95	0,96
LXI.....	24,50	2,10	2,18	0,96
LXII.....	20,90	2,12	1,86	1,14
LXIII.....	13,32	1,41	1,19	1,18
LXIV.....	25,10	2,21	2,24	0,98

La teneur en fluor est, comme on le voit, très voisine de celle de l'apatite correspondante dans les nodules des sables verts et de la gaize du bassin de Paris; elle est sensiblement plus élevée dans les coquilles de Bellegarde.

J'emprunterai à M. Ch. Delattre quelques analyses complètes de phosphates des différentes régions :

LXV. — Nodules de la gaize de Grandpré (Ardennes).

LXVI. — Nodules des sables verts de Grandpré (Ardennes).

LXVII. — Nodules des sables verts de Dombasle (Meuse).

LXVIII. — Nodules des sables verts de Fiennes (Pas-de-Calais).

	LXV	LXVI	LXVII	LXVIII
Acide phosphorique....	23,46	19,57	18,23	20,72
Acide sulfurique.....	0,89	0,85	0,79	0,89
Acide carbonique.....	5,65	5,80	4,50	4,20
Fluor	1,62	1,66	1,31	1,83
Chaux.....	40,48	31,81	27,66	33,71
Magnésie.....	0,50	0,36	traces	traces
Alumine	2,15	3,36	2,30	3,25
Oxyde de fer.....	2,87	4,89	5,85	3,15
Silice	15,40	24,80	32,06	25,20
Eau à 100°.....	1,15	2,20	1,75	1,40
Mat. volatiles au rouge sombre.....	4,90	4,55	4,80	5,30
	99,07	99,85	99,25	99,65

Terrain crétacé supérieur.

Les différentes couches du terrain crétacé renferment presque toujours une proportion notable de phosphates ; c'est à cette circonstance, en même temps qu'à la présence des limons quaternaires sur d'autres parties de leur territoire, que la Flandre et les régions voisines doivent leur grande fertilité.

On peut signaler des niveaux phosphatés dans le Cénomanien, dans le Turonien et dans le Sénonien.

1° *Cénomanien*. — Il existe à la base de la *craie glauconieuse* une couche de phosphates assez régulière sur le pourtour du bassin de Paris ; elle prend parfois assez d'importance pour mériter l'exploitation, notamment dans les Ardennes, le Nord et le Pas-de-Calais, la Seine-Inférieure, l'Orne, l'Eure-et-Loir, la Sarthe.

Je citerai particulièrement les exploitations de Pernes-en-Artois (Pas-de-Calais), qui ont été ouvertes, en 1877, et ont fourni un minerai fort recherché à raison de sa porosité, de sa friabilité, qui permet de le réduire aisément en poudre fine, et, en même temps, à cause de sa teneur, non seulement en acide phosphorique, mais aussi en potasse et en matière organique azotée. Une analyse de MM. Maret et Delattre a donné :

Acide phosphorique.....	27,00	p. 100
Potasse soluble dans l'acide nitrique....	0,56	—
Matières organiques (2,82) ; azote.....	0,067	—

Les nodules occupent une couche dont l'épaisseur varie de 0^m,15 à 1 mètre, reposant sur un lit d'argile qui représente le gault et supportant un banc de sables verts, glauconieux, qui sont eux-mêmes recouverts par une marne compacte, équivalent local de l'argile glauconieuse ou *tourtia*.

On a soumis à l'essai un échantillon de ces nodules terreux, à surface grisâtre et à cassure brune, provenant des exploitations de Pernes, et on a trouvé :

	P ₂ O ₅	μ	Fl	$\frac{\mu}{Fl}$
LXIX.....	20,80	1,76	1,85	0,95
LXX.....	37,20	3,26	3,22	0,98

D'autre part, la *Statistique de l'Industrie minérale* pour 1888 a donné l'analyse suivante d'un échantillon de Pernes, pris comme type de phosphate peu riche :

Acide phosphorique.....	20,97
Acide carbonique.....	6,40
Acide sulfurique.....	1,20
Chaux.....	44,46
Oxyde de fer.....	1,60
Alumine.....	2,12
Silice.....	10,50
Magnésie.....	0,50
Potasse.....	4,47
Matière organique.....	3,12
Perte au feu.....	4,66
	<hr/> 100,00

La Russie (*) possède d'immenses gisements phosphatés qui se rapportent, les uns aux grès ou sables glauconieux de l'étage albien, les autres à la craie glauconieuse ou étage cénomanien. Les premiers sont répandus dans la partie occidentale, notamment dans le gouvernement de Tambow, presque partout recouverts par les steppes; on leur a trouvé des teneurs très variables, de 23 à 37 p. 100 de phosphate tribasique dans les nodules siliceux, de 38 à 50 p. 100 dans les nodules argileux et dans les roches ou dalles, dont l'épaisseur atteint parfois 0^m,60.

Les phosphates cénomaniens se montrent tantôt en nodules gris, bruns ou noirs, tantôt en dalles ou en blocs

(*) Nivoit, Gisements de phosphates de chaux, *Encyclopédie chimique*.

massifs (*Samorod*), que l'on a exploités de tout temps pour le pavage et l'empierrement des chaussées; on a remarqué que les boues des routes ainsi empierrées produisaient d'excellents effets sur les cultures.

Les gisements cénomaniens s'étendent au sud-ouest de Moscou, principalement dans le gouvernement de Kursk, sur une zone de plus de 150 kilomètres; on y trouve de une à trois couches superposées, parfois même jusqu'à sept veines, mais alors de peu d'importance.

J'ai reçu de M. Mascart quelques échantillons de nodules cénomaniens rapportés par M. Moureaux d'une mission exécutée en juin et juillet 1896 dans le gouvernement de Kursk en vue d'observations magnétiques. L'échantillon (n° LXXI) était un nodule très allongé, gris à la surface, brunâtre dans la cassure et laissait un résidu insoluble de 49 p. 100; le n° LXXII était un nodule noir, caverneux et dense, dans lequel on a encore trouvé près de 35 p. 100 de silice. L'essai pour acide phosphorique et fluor a donné :

	P ₂ O ₅	P	Fl	$\frac{P}{Fl}$
LXXI.	15,73	1,30	1,40	0,93
LXXII.	19,44	1,84	1,72	1,07

La fluoration est donc voisine de celle de l'apatite ou même un peu supérieure. Je complète ces renseignements par une analyse de M. Nivoit sur un échantillon de nodules cénomaniens de Kursk :

Acide phosphorique.....	16,48
Acide carbonique.....	3,25
Acide sulfurique.....	0,33
Chaux.....	23,80
Magnésie.....	tr.
Alumine.....	1,71
Oxyde de fer.....	0,69
Matière siliceuse.....	51,53
Matière organique.....	1,19
Humidité et perte.....	1,02
	<hr/> 100,00

2° *Turonien*. — On trouve dans le département de la Sarthe des nodules verdâtres, intercalés au milieu de couches sableuses de l'étage turonien; mais ils n'ont pas été trouvés assez riches pour faire l'objet d'une exploitation.

Il en est de même dans le département des Ardennes, où l'on trouve, à la base du turonien, dans les marnes à *Belemnites plenus* de Maure (arrondissement de Vouziers) un niveau de nodules phosphatés. M. Cayeux a eu l'obligeance de me remettre deux échantillons de cette provenance : un nodule irrégulier (LXXIII) et un coprolithe de *Macropoma Mantelli* (LXXIV).

L'essai a donné :

	P ² O ₅	fl	Fl	$\frac{fl}{Fl}$
LXXIII.	21,68	1,86	1,93	0,96
LXXIV.	32,04	2,75	2,86	0,96

Dans le département du Nord, le turonien présente, à sa partie supérieure, en contact avec l'assise à *Micraster cortestudinarium* du sénonien, une assise de calcaire dur, empâtant des nodules phosphatés. Un nodule de cette couche (LXXV) a été recueilli par M. Cayeux à Lezennes, près de Lille; il a montré la composition suivante :

Phosphate de chaux.	20,30
Fluorure de calcium.	1,05
Carbonate de chaux.	65,23
Alumine, oxyde de fer.	2,90
Silice, argile.	3,30
Eau et matières organiques ..	6,80
	<hr/> 99,58

	P ² O ₅	fl	Fl	$\frac{fl}{Fl}$
LXXV.	9,30	0,51	0,83	0,61

3° *Sénonien*. — A la base de l'étage sénonien ou *craie blanche* on a trouvé, en quelques endroits, notamment

dans les Ardennes et la Sarthe, un lit de nodules phosphatés, mais qui s'est montré trop irrégulier pour être exploité.

Les assises supérieures, au contraire, renferment, dans le nord de la France et en Belgique, des gîtes d'une exceptionnelle richesse, qui ont, pour un temps, par le bruit fait autour d'eux, éclipsé tous les autres gîtes français et belges. Ils ont été découverts les uns dans le Hainaut, en 1874, les autres dans la Picardie et l'Artois, en 1886. J'insisterai particulièrement sur les derniers; mais je commencerai par donner quelques indications sur les phosphates de Belgique, dont la connaissance a facilité l'étude des phosphates du nord de la France.

Le gîte très important de Mesvin et Ciply, près de Mons, fut découvert, en 1874, par MM. Cornet et Briart. Il consiste en une masse de craie brunâtre, grossière, peu cohérente, stratifiée en bancs réguliers, qui, sur une hauteur de 5 à 12 mètres, contient une multitude de petits grains bruns arrondis, ne dépassant pas la grosseur d'une tête d'épingle.

Ces grains sont constitués par du phosphate et du carbonate de chaux avec oxyde de fer et matière organique; ils forment souvent 75 p. 100 de la craie brune, dont la teneur en phosphate tribasique est ordinairement comprise entre 25 et 30 p. 100.

Cette *craie brune phosphatée de Ciply* est recouverte, sur une épaisseur variable, par un cailloutis à nodules phosphatés brunâtres et ciment calcaire, qu'on a appelé *poudingue de la Malogne*.

Ce poudingue remplit les poches qui existent à la partie supérieure de la craie brune; certaines poches sont pleines d'un sable brun, assez ferrugineux, tenant 60 p. 100 de phosphate tribasique, produit d'un enrichissement local par les eaux, analogue à celui qui sera signalé à Beauval, Orville, etc.

Un calcaire peu consistant, blanc ou jaunâtre, un peu phosphaté, appelé *tuffeau de Ciply*, recouvre le pou-dingue de la Malogne et complète cette formation, que l'on a d'abord considérée comme appartenant à l'étage danien, mais que sa faune a fait, plus récemment, rattacher à l'étage sénonien, dont elle formerait la partie tout à fait supérieure.

Au dessous se place, encore dans le sénonien supérieur, la craie à *Belemnitella mucronata* et, plus bas, la craie à *Belemnitella quadrata*, qui, l'une et l'autre, font partie du sénonien supérieur de l'Artois et de la Picardie. Le sénonien inférieur, dans la même région, est formé par l'assise de la craie à *Micraster coranguinum* et par l'assise inférieure à *Micraster cortestudinarium*.

C'est à la base de l'assise à *Belemnitella quadrata* que se trouve la craie phosphatée du Nord de la France, sur laquelle nous allons maintenant fixer notre attention.

La première observation sur la craie phosphatée de Beauval (Somme) fut faite en 1849, par M. Buteux, qui la signala de nouveau, en 1862, en circonscrivant le gisement dans une carte géologique de la Somme.

M. de Mercey, qui avait déjà étudié une formation semblable à Hardivilliers (Oise), fit remarquer l'identité des deux gîtes, en 1863, et y insista de nouveau, en 1867, en rappelant que la craie phosphatée de Beauval était susceptible d'exploitation.

Mais on ignorait encore la nature et l'importance de masses sableuses, qui avaient été exploitées depuis un temps immémorial et employées, soit dans la construction, soit dans la céramique, pour donner aux briques une patine violette estimée dans le pays (*).

En mai 1886, M. Merle, géologue, étant à la recherche

(*) Rapports des ingénieurs des Mines, en 1887. *Statistique de l'industrie minérale*, 1888.

de gites de phosphates et visitant celui de Beauval, recueillit et fit analyser ces sables ; on y trouva près de 70 p. 100 de phosphate tribasique de chaux. Dès lors, l'exploitation en devait être des plus avantageuses. Aussitôt que cette découverte fut divulguée, un grand nombre de sondages furent entrepris de tous côtés, et une sorte de fièvre s'empara du pays. On reconnut une série de gisements non seulement dans la Somme, mais aussi dans l'Oise et le Pas-de-Calais.

Les sables phosphatés sont contenus dans des poches plus ou moins régulières de la craie, ordinairement en forme d'entonnoirs, qu'ils remplissent quelquefois, mais dont, plus souvent, ils tapissent les parois. Ils sont recouverts presque partout par une argile rougeâtre, chargée de silex assez volumineux, désignée dans le pays sous le nom de *bief à silex*, qui paraît provenir de la dissolution, à l'époque tertiaire, des portions calcaires de la craie argileuse avec silex, qui surmontait la craie à *Belemnitella quadrata*. Cette argile a comblé les entonnoirs, nivelé le terrain et a été recouverte par les limons et la terre végétale.

Il résulte de toutes les observations faites sur les gites de sables riches, qu'ils proviennent du remaniement de la craie phosphatée. L'action dissolvante des eaux de surface, plus ou moins chargées d'acide carbonique, s'exerçant plus énergiquement sur le carbonate de chaux que sur le phosphate, a produit un enrichissement de la matière phosphatée, qui a rempli les dépressions de la craie et les poches ou entonnoirs provenant de l'érosion des couches crayeuses. Ces remaniements paraissent s'être produits vers la même époque que les phénomènes qui ont donné lieu au dépôt de l'argile rouge ou bief à silex.

Quant à la craie phosphatée elle-même, avec ses grains de phosphate disséminés dans la masse crayeuse, les observations des géologues qui l'ont le mieux étudiée per-

mettent aujourd'hui de faire sur son origine des hypothèses plausibles.

On sait, par les travaux micrographiques de M. Cayeux, que la craie du nord de la France a dû se déposer dans des eaux peu profondes et à une assez faible distance des rivages. La craie phosphatée occupe, au milieu des craies sénoniennes, des zones limitées, qui, d'après M. de Mercey, affectent la forme de vastes lentilles, ayant 15 à 20 mètres d'épaisseur et présentant une largeur de 200 ou 300 mètres, tandis que leur plus grande dimension peut atteindre 1.000 mètres.

M. de Mercey a attribué cette disposition en lentilles de la craie phosphatée à la pénétration de la craie ordinaire par des eaux de sources thermo-minérales. Mais on la conçoit mieux encore comme un dépôt de la mer sénonienne, localisé au voisinage des côtes.

Les lentilles de craie phosphatée peuvent, en effet, correspondre à des bas-fonds ou à des lagunes, dans lesquelles les vagues auraient accumulé des débris organiques mêlés aux granules calcaires de la vase à globigérines (*). Les eaux de la mer, qui, tantôt noyaient ces dépôts, tantôt, par suite du reflux de la mer et de l'évaporation subie, se concentraient autour d'eux, devaient naturellement en modifier la nature.

C'est ce que nous apprennent, en effet, les recherches micrographiques de MM. Schlumberger, Stan. Meunier, Termier, Renard et Cornet. Elles ont montré que la craie phosphatée diffère de la craie ordinaire par l'existence de petits débris organiques phosphatisés, tels qu'os et écailles de poissons, moules de foraminifères, etc., mêlés aux granules calcaires. Une partie des grains sont exclusivement composés de phosphate de chaux ; d'autres ont un noyau crayeux entouré d'une pellicule de phosphate cris-

(*) RENARD et CORNET ; *Bull. de la Soc. géol.*, 1891, p. LVI.

tallin, qui donne la croix noire entre les nicols croisés, comme l'apatite et quelques phosphates concrétionnés.

En réalité, ce ne sont pas de simples phosphates de chaux qu'on observe dans cette craie, mais bien des phosphates fluorés. Le fluorure de calcium a dû être emprunté aux eaux de la mer et sa fixation sur le phosphate de chaux a pu s'opérer dans la même période de temps que la fixation du phosphate de chaux sur les restes organiques; mais elle a pu aussi se continuer pendant un temps plus long. Elle devait avoir pour terme moyen la formation d'un composé voisin du fluophosphate normal ou apatite; mais ce degré de fluoration pouvait, comme nous l'avons expliqué plus haut, se trouver parfois un peu dépassé, dans l'ensemble du minerai, par suite de la formation de fluorure de calcium à côté du fluophosphate. L'analyse des phosphates de la craie montre, en effet, que la teneur en fluor est assez souvent supérieure à celle de l'apatite.

1° *Sables phosphatés*. — J'ai trouvé les résultats suivants pour l'analyse élémentaire et la composition calculée d'un phosphate sableux (LXXVI) exploité à Noeux, canton d'Auxy-le-Château, arrondissement de Saint-Pol (Pas-de-Calais).

Acide phosphorique ..	28,43	$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	62,06
Acide carbonique	4,18	CaFl^2	6,16
Ac. sulfurique, chlore. traces		CaCO^3	7,68
Fluor	2,93	MqCO^3	1,53
Chaux	42,47	Al^2O^3 , Fe^2O^3	6,11
Magnésie	0,73	SiO^2 , argile	9,73
Oxyde de fer, alumine.	6,11	Eau, mat. org.	6,10
Argile, silice	9,73		
Perte au feu	6,10		
	<hr/>		<hr/>
	100,68		99,37

On a donc, pour la relation de l'acide phosphorique et

du fluor :

	P ₂ O ₅	<i>fl</i>	Fl	$\frac{fl}{Fl}$
LXXVI.....	28,32	2,93	2,53	1,16

D'autres essais ont donné :

Sur un phosphate gris de Buire-au-Bois, canton d'Auxy-le-Château (Pas-de-Calais) :

LXXVII.....	29,02	3,07	2,59	1,19
-------------	-------	------	------	------

Sur des sables gris de Beauval, arrondissement de Doullens (Somme) :

LXXVIII.....	37,20	3,26	3,22	0,98
LXXIX	34,90	2,87	3,12	0,92

J'emprunte à M. H. Lasne (*) les analyses suivantes qui se rapportent à :

(LXXX) phosphate riche de Beauval (Somme);

(LXXXI) phosphate riche d'Orville (Pas-de-Calais);

(LXXXII) phosphate pauvre d'Orville, enrichi par lévigation.

	LXXX	LXXXI	LXXXII
Acide phosphorique.....	38,76	38,25	33,01
Acide carbonique.....	1,06	2,43	2,75
Acide sulfurique.....	0,32	0,21	0,82
Chaux	48,26	47,71	42,00
Magnésie.....	0,06	0,22	0,50
Alumine	0,22	0,13	0,29
Sesquioxyde de fer.....	0,47	1,08	1,98
Fluorure de calcium.....	6,95	6,85	6,40
Résidu insoluble.....	1,26	1,50	7,12
Eau et matière organique ...	2,42	1,67	4,87
	<u>100,38</u>	<u>100,14</u>	<u>99,74</u>

(*) *Bul. de la Société géologique de France*, 1890, p. 454.

On tire de là :

	P ² O ₅	P	Fl	$\frac{P}{Fl}$
LXXX	38,76	3,38	3,45	0,98
LXXXI	38,25	3,33	3,41	0,97
LXXXII	33,01	3,11	2,94	1,06

2° *Produits extraits à Ciply* (Hainaut). — Pour le gîte de Ciply, ne possédant pas d'analyse complète, qui fasse connaître avec exactitude la proportion de fluor, je donnerai seulement à titre d'indication les résultats consignés dans l'important article de M. Nivoit sur les gisements de phosphates (*).

LXXXIII. — Phosphate riche, de couleur châtain, en poudre grenue, faiblement agglomérée (Analyse de M. Petermann).

LXXXIV. — Craie brune de Ciply (Analyse de M. Nivoit).

LXXXV. — Nodules du poudingue de la Malogne (Analyse de M. Nivoit).

	LXXXIII	LXXXIV	LXXXV
Acide phosphorique	27,79	11,66	22,48
Acide carbonique	5,06	28,10	18,61
Acide sulfurique	1,18	0,89	1,36
Chaux	41,72	53,24	51,22
Magnésie	0,84	0,12	1,30
Potasse	1,00	0,19	0,21
Soude	1,13		0,53
Alumine et oxyde de fer	3,96	1,01	2,56
Sable, silice et argile	10,68	1,96	1,36
Matières organiques azotées	5,21	2,83	0,37
Fluor et perte	1,43		
	100,00	100,00	100,00

Enfin, je mentionnerai un essai que j'ai fait spéciale-

(*) *Encyclopédie chimique*, t. V, 1^{re} section, 2^e partie, p. 114.

ment au point de vue de l'acide phosphorique et du fluor sur une craie phosphatée à grains brunâtres appartenant au niveau de la craie de Ciply.

	P ₂ O ₅	μ	Fl	$\frac{\mu}{Fl}$
LXXXVI.....	12,80	1,08	1,15	0,94

On voit que, d'une façon générale, les phosphates de la craie sénonienne ont une composition qui les rapproche beaucoup des apatites, en même temps que, sous les nicols croisés du microscope polarisant, ils présentent, comme elles, le caractère de la croix noire.

Terrain éocène (Algérie et Tunisie).

Les gites de phosphates sédimentaires reconnus depuis quelques années en Algérie et en Tunisie appartiennent à l'Eocène inférieur ou Suessonien.

Les vaillants explorateurs, qui ont débrouillé la constitution géologique du nord de l'Afrique, ont reconnu, entre la mer et le Sahara, deux bandes phosphatées très étendues, l'une qui traverse le sud du Tell et quelques hauts plateaux, l'autre dans la région de l'Aurès, de Tebessa et de Gafsa : ces deux bandes se relient, d'ailleurs, entre elles par quelques témoins reconnus sur les Hauts-Plateaux. Elles marquent les rivages de la mer suessonienne, qui paraît s'être avancée encore bien plus au sud ; car Tissot et MM. Thomas, Pomel et Rolland ont retrouvé des lambeaux de formations suessoniennes au-delà de l'Atlas saharien.

C'est à M. Philippe Thomas que l'on doit les premières découvertes de gisements de phosphate de chaux en Algérie et en Tunisie.

Dès 1873 il avait reconnu l'existence d'une zone phos-

phatée dans l'étage suessonien de la province d'Alger, notamment près de Boghari, sur la rive droite de la haute vallée du Cheliff ; mais l'importance de cette découverte pour la région algérienne ne lui apparut véritablement que plus tard (*), lorsque, poursuivant ses explorations en Tunisie, il trouva dans le sud de la Régence, en 1885, les grands gisements phosphatés de Gafsa, occupant la même place que la zone de Boghari, mais avec un développement beaucoup plus considérable, à la base des assises de l'éocène.

Dans le mémoire qu'il a consacré à la description des « gisements de phosphate de chaux des hauts plateaux de la Tunisie » (**), M. Thomas rappelle ce qu'avait écrit, en 1878, l'Ingénieur des Mines Tissot, mort trop tôt pour avoir pu réaliser ses projets : « La relation constante du terrain suessonien avec les régions fertiles en céréales, disait Tissot (***), permet de penser que le phosphate de chaux y existe. La structure y est, d'ailleurs, fréquemment noduleuse. Des recherches seront faites à ce point de vue. On parviendra peut-être à trouver là un élément de trafic important, soit pour l'exportation, soit pour fertiliser certaines régions, qui, comme la plaine de Bône, sont connues pour leur peu d'aptitude à donner des céréales... »

Les vues théoriques de Tissot au sujet des phosphates éocènes ont trouvé leur première confirmation dans la Tunisie, cet ancien grenier de Rome, grâce aux patientes recherches et aux heureuses découvertes de M. Ph. Thomas et de ses émules. Il n'est que juste de rappeler ici les belles études de Coquand et de MM. Pomel et Pouyanne, qui ont fait connaître l'éocène algérien, les récentes explo-

(*) *Comptes Rendus*, 30 janvier 1888.

(**) *Bull. de la Soc. géol.*, 1891, p. 370.

(***) *Notice géologique sur le département de Constantine* : Exposition universelle de 1878, p. 35.

rations de M. Ficheur dans la province d'Alger, celles de M. Blayac dans la province de Constantine, celles de M. Aubert en Tunisie, etc.

1° Gîtes tunisiens.

Les caractères principaux de l'horizon phosphaté, en Tunisie, peuvent être définis en peu de lignes, d'après les descriptions de M. Thomas.

Sur les différents étages de la craie, qui forment l'ossature centrale des chaînes de montagnes, se sont déposés des limons argileux noirs, saturés de sel gemme et de gypse, comblant les bas-fonds de la mer suessonnienne. Les *marnes noires* de la base s'entremêlent plus haut de bancs minces de *calcaires marneux* bruns ou blanchâtres, qui, peu à peu, font place à des bancs plus épais et fossilifères, où l'on trouve assez souvent de la silice, soit diffusée, soit en nodules à patine blanchâtre. Puis, se développent les *marnes* et les *calcaires phosphatés*, dont la puissance est assez constante pour une même chaîne de montagnes, mais variable d'une chaîne à l'autre.

Le niveau phosphaté est recouvert par des bancs puissants de *calcaire à lumachelles*, principalement formés par l'*Ostrea multicosata* et ses variétés, ou par des *calcaires jaunâtres* à gros rognons de *silex noirs*. Dans le sud, ces couches sont très fréquemment redressées et forment de hautes murailles, souvent presque verticales, qui enchâssent les bancs phosphatés, beaucoup plus entamés par les érosions atmosphériques. Dans la région nord des hauts plateaux tunisiens, les calcaires à lumachelles ostréennes sont remplacés par d'énormes tables de *calcaire* un peu cristallin et pétri de Nummulites, dont l'épaisseur peut atteindre 60 mètres et qui constituent des

massifs pittoresques, présentant à l'horizon des escarpements à pic (*Dir* ou *Kifâne*) et parfois des formes de châteaux (*Kalaa* ou *Guelaat*).

Les couches phosphatées comprennent toujours des calcaires, et, alternant avec eux, des marnes brunes, généralement feuilletées et gypsifères; mais les calcaires sont à la fois plus développés que les marnes et plus riches en acide phosphorique.

Les marnes renferment une multitude de débris de sauriens et de poissons, ossements, dents, écailles et petits coprolithes; M. Thomas y a, de plus, remarqué la présence d'une matière organique de consistance grasse et onctueuse, mais qui n'est soluble ni dans la benzine, ni dans le sulfure de carbone, et dont la proportion peut aller jusqu'à 7 ou 8 p. 100. On y trouve aussi des couches irrégulières de nodules, à surface lisse, quelquefois striée, recouverts d'une patine noire et luisante. Les plus volumineux, dont la grosseur atteint celle d'un melon, sont entièrement calcaires à l'intérieur; le phosphate, accumulé à la surface, constitue à peine 5 ou 6 p. 100 de la masse. Au contraire, les petits nodules, et, en particulier, les véritables coprolithes, qui sont cylindriques, bruns et recouverts aussi d'une patine luisante, contiennent jusqu'à 70 p. 100 de phosphate (*). Les marnes ne contiennent pas de grains glauconieux, contrairement à ce qui a lieu pour les calcaires, mais elles montrent souvent des filets interstratifiés de gypse cristallin, des nodules de strontiane sulfatée et des sels alcalins, qui se révèlent par des efflorescences naturelles blanches.

Les calcaires phosphatés, alternant avec les marnes brunes, ont une coloration qui varie du gris jaunâtre clair au brun verdâtre; ils sont légers, grenus et peu consistants. Le poids spécifique de la roche dépasse rarement 2;

(*) Analyse du Bureau d'essai de l'École des Mines du 19 octobre 1885.

elle est souvent assez friable pour s'écraser entre les doigts.

Elle est formée de petits grains phosphatés à patine brune et brillante et d'écailles vertes nombreuses ressemblant à certaines glauconies, le tout plus ou moins agglutiné par un ciment calcaire, qui lui donne, lorsqu'il est abondant, l'aspect de la craie grise ou du tuffeau de Ciply. On y trouve aussi de très petits grains anguleux de quartz et une proportion notable de silice hydratée, soluble aux alcalis, enfin une quantité très grande de débris organiques, tels que dents, ossements et coprolithes, comme dans les marnes feuilletées.

Nous ne nous occuperons pas des gîtes crétacés, dont les uns appartiennent à l'étage du gault, les autres à l'étage sénonien, aucun d'eux ne paraissant susceptible d'exploitation dans les circonstances actuelles.

Les gîtes situés à la base des terrains éocènes, dans l'étage suessonien, sont, au contraire, certainement appelés à prendre une place très importante dans la production des engrais minéraux, lorsque l'existence de voies ferrées, les reliant à la mer, permettra l'exportation de leurs produits en Europe.

C'est dans le sud-ouest de la Régence que se trouvent les amas de phosphates les plus étendus et les plus riches.

Il faut citer en première ligne ceux qui bordent la chaîne montagneuse du Djebel-Tseldja, située à l'ouest de Gafsa, chaîne qui doit son relief à un plissement du terrain crétacé, tandis que les couches éocènes, qui le recouvraient, se sont rompues et redressées presque verticalement au nord et au sud de la crête centrale. Ces gîtes ont été découverts par M. Thomas. M. Mercier, contrôleur du service des Mines de la Régence, a constaté qu'ils s'étendent, presque sans aucune interruption, sur tout le versant sud de la chaîne, entre le Djebel-Stah et l'oasis de Chebika, sur plus de 50 kilomètres de longueur et avec

une puissance continue de 50 à 60 mètres. Il a constaté aussi que leur teneur naturelle et leur état sableux permettent de les amener aisément, par lavage, à contenir plus de 62 p. 100 de phosphate tribasique.

Sur le seul versant méridional de la chaîne, qui est d'ailleurs la zone la plus importante, le cubage du minerai en vue, estimé à son minimum, a indiqué plus de 3 millions de mètres cubes, correspondant à plus de 5 millions de tonnes de phosphate enrichi par lavage. Encore n'a-t-on tenu compte, dans cette évaluation, ni des marnes phosphatées, ni des portions calcaires où la teneur brute a été trouvée inférieure à 52 p. 100 de tribasique et qui ne sont pas jugées exploitables pour le moment.

Les autres gîtes tunisiens reconnus les plus dignes d'attention sont les suivants :

1° Ceux du Khanguet Jellabia et du Djebel-Sehib, à 30 ou 40 kilomètres au sud du Tseldja et de Gafsa ;

2° Ceux du Djebel-Nasser-Allah, au sud-ouest de Kairouan, qui s'étendent sur une longueur de 30 kilomètres environ, en formant deux bandes parallèles dirigées à peu près nord-sud ; la teneur brute des phosphates ne dépasse pas 45 p. 100, mais ils se prêtent bien à l'enrichissement par lavage et la proximité relative de la mer, par Kairouan et Sousse, devra faciliter leur exploitation ;

3° Ceux de la région comprise entre Tebessa et Tunis, notamment d'Haydra, de Thala et de Guelaat-es-Senam(*). Dans ce dernier, les marnes et le calcaire blanc à phosphate sont recouverts par un calcaire blanc à gastropodes et celui-ci par un calcaire dur, avec Nummulites extrêmement nombreuses et *Ostrea multicosata* à la partie supérieure. Ce calcaire Nummulitique forme une immense table, ayant la forme d'un rectangle à pans cou-

(*) THOMAS, *Bull. de la Société géol.*, 1891.

pés verticalement, d'une hauteur de plus de 50 mètres, justifiant bien le nom de Guelaat (château, falaise).

4° D'autres gites se trouvent en assez grand nombre au Nord-Est des précédents et sont, comme eux, recouverts par des plateaux nummulitiques; mentionnons, parmi eux, les gites de Sidi-Ayet, situés dans la vallée de l'Oued-Siliana, à 55 kilomètres environ du chemin de fer de Tunis à Ghardimaou (*), gites assez étendus, dans lesquels on a trouvé des couches de phosphate à la teneur moyenne de 50 p. 100 et des nodules, faciles à séparer de la gangue, à la teneur de 70 p. 100.

5° Les gisements situés dans les régions de Kef et de Teboursouk, sur la rive droite de la Medjerdah, dans les régions de Ghardimaou et de Béja, sur la rive gauche, offrent une grande étendue; mais leur importance industrielle n'a pas encore été déterminée d'une façon précise.

M. Levat, revenant d'un voyage en Tunisie, dont il a rendu compte dans son mémoire sur l'*Industrie des phosphates*, m'a remis un échantillon de phosphate de Gafsa, considéré comme type des minerais de ce gisement. Cet échantillon gris, terreux, très friable, a présenté la composition suivante (LXXXVII) :

Acide phosphorique.	31,73	$\text{Ca}^2\text{P}^2\text{O}^8$	66,52
Acide carbonique.	7,46	$(\text{Al}^3, \text{Fe}^2) \text{P}^2\text{O}^8$	2,50
Ac. sulfurique, chlore. traces		CaFl^2	6,50
Fluor	3,17	CaCO^3	15,53
Chaux.	49,30	MgCO^3	1,20
Magnésie.	0,57	SiO^2 , argile.	2,25
Alumine et peroxyde		Eau, mat. org	4,85
de fer	1,25		<hr/> 99,45
Silice et argile	2,35		
Eau et matière organique	4,85		
	<hr/> 100,68		

(*) David LEVAT, Etude sur l'industrie des phosphates ; *Annales des Mines*, 1895. 1^{er} semestre.

On tire de là :

	P ² O ⁵	β	Fl	$\frac{\beta}{Fl}$
LXXXVII	31,73	3,17	2,83	1,12

Un autre échantillon de Gafsa a donné à l'essai :

LXXXVIII	31,20	2,72	2,78	0,98
----------------	-------	------	------	------

Deux échantillons de nodules du gisement de Sidi-Ayet, envoyés par M. Cucherat, ont donné à l'essai :

LXXXIX	31,90	3,25	2,84	1,14
XC	34,82	3,78	3,00	1,26

2° Gîtes algériens.

Les gisements phosphatés de l'Algérie, appartenant à l'Eocène inférieur, se relieut sans discontinuité aux gisements de la Tunisie; on les retrouve au sud, près de ceux du Djebel Tseldja; au centre, près de Tebessa, faisant suite à ceux de Guelaat-es-Senam; au nord, près de Soukahrâs, à la suite de ceux de Béja et de Ghardimaou, dans la partie haute de la vallée de la Medjerdah. Ces derniers se poursuivent du côté de Constantine, de Sétif, de Fakhroun, à Bou-Arreridj, à M'Sila et à Birin, au sud de Boghari, dans le sud de la province d'Alger.

Les régions situées plus loin vers l'ouest paraissent ne renfermer que des phosphates pauvres, en dehors des grottes à phosphorites, nombreuses dans la vallée du Chelif, vers la hauteur de Mostaganem, qui appartiennent, ainsi que nous l'avons vu, à une toute autre formation.

La constitution pétrographique du Suessonien est des plus régulières dans le Tell (*).

(*) M. BLAYAC, *Annales des Mines*, 1894 et 1895; — et C. R. *des séances de la Société géologique de France*, 18 nov. 1895.

A la base se trouvent des *Marnes noires*, à *Ostrea multicostata*, *O. eversa*, *O. strictiplicata*, etc., quelquefois remplacées par des argiles noires glauconieuses sans fossiles.

Puis viennent des *calcaires tendres* en plaques, alternant avec des *lits de silex* et renfermant souvent trois ou quatre *bancs de phosphates*, dont les plus importants peuvent avoir depuis 0^m,60 jusqu'à 2 mètres d'épaisseur et les plus minces de 0^m,20 à 0^m,40.

Au-dessus sont des *calcaires durs*, un peu cristallins, à Nummulites et Thersitées (*Ostrea multicostata*, *Nummulites planulata*, *N. Rollandi*, *Thersitea ponderosa*, etc.).

Les deux dernières assises paraissent se développer quelquefois l'une aux dépens de l'autre. Vers l'ouest, les calcaires cristallins à Nummulites atteignent 400 et 500 mètres d'épaisseur, tandis que les marnes phosphatées semblent s'atrophier ; mais vers l'est, au contraire, on peut suivre ces marnes jusqu'au voisinage de la mer, comme au Djebel Nasser-Allah, en Tunisie (*).

Les gites phosphatés des environs de *Tebessa* (province de Constantine) ont été décrits en détail par M. Blayac (**). Je me bornerai à rappeler ici qu'ils présentent la succession des trois étages déjà indiqués : des marnes noires à la base, puis des alternances de calcaires tendres avec des lits de silex et avec des bancs de phosphates, enfin des calcaires cristallins durs à Nummulites, dont l'épaisseur atteint de 120 à 150 mètres.

Les phosphates sont généralement friables et de couleur grise.

L'épaisseur des bancs de phosphates exploités varie

(*) M. PH. THOMAS, *Soc. géol. de Fr.*, 18 nov. 1895.

(**) *Annales des Mines*, 1894, 2^e semestre, p. 319.

depuis 2 ou 3 mètres jusqu'à 6 mètres. Le minerai, généralement friable comme celui de Gafsa, est, après triage sur place, réparti pour la vente en deux catégories, la plus pauvre tenant de 58 à 63 p. 100 de phosphate tribasique, la plus riche avec une teneur de 63 à 69 p. 100.

L'exploitation de ces phosphates, qui n'a commencé qu'en 1895, est actuellement aux mains de trois compagnies, désignées sous les noms de : C^{ie} Crokston, C^{ie} Jacobsen et C^{ie} Française. La première exploite souterrainement et les deux autres jusqu'ici à ciel découvert.

Je dois à l'obligeance de MM. Blayac et Ficheur des échantillons provenant des principaux centres d'exploitation ; je vais donner quelques exemples d'analyses complètes de ces phosphates.

(XCI) Échantillon du Djebel Dyr (exploitation de la Compagnie Crokston) :

Acide phosphorique..	33,67	$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	73,52
Acide sulfurique.....	1,40	CaFl^2	5,03
Acide carbonique.....	5,00	CaSO^4	2,38
Fluor.....	2,45	CaCO^3	10,34
Chlore.....	tr.	MgCO^3	0,84
Chaux.....	50,55	$\text{Al}^2\text{O}^3, \text{Fe}^2\text{O}^3$	1,70
Magnésie.....	0,40	SiO^2	0,40
Alumine, oxyde de fer.	1,70	Eau, mat. org.....	6,07
Silice.....	0,40		<hr/> 100,28
Perte au feu.....	6,07		
	<hr/> 101,64		

(XCII) Échantillon de Chabet el Ouissen (exploitation de la Société française des phosphates de Tebessa).

Acide phosphorique..	32,57	$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$..	71,11
Acide sulfurique.....	1,20	CaFl^2	5,35
Acide carbonique	6,44	CaSO^4	2,04
Fluor.....	2,61	CaCO^3	13,40
Chlore.....	tr.	MgCO^3	0,99
Chaux.....	51,09	$\text{Al}^2\text{O}^3, \text{Fe}^2\text{O}^3$	2,15
Magnésie.....	0,47	SiO^2	0,72
Alumine, oxyde de fer.	2,15	Eau, mat. org.....	4,50
Silice.....	0,72		<u>100,26</u>
Perte au feu.....	4,50		
	<u>101,72</u>		

(XCIII) Échantillon de l'exploitation récemment ouverte à Aïn-Dibba, à 8 kilomètres de Kissa, par la Société française ; deux bancs horizontaux, séparés par une intercalation calcaire de 0^m,50 environ, sont recouverts de 120 à 150 mètres d'épaisseur de calcaire cristallin à Nummulites. L'échantillon appartient au banc supérieur, le plus riche et le plus friable :

P^2O^5	32,22	$\text{Ca}^3\text{P}^2\text{O}^8$	70,34
SO^3	1,54	CaFl^2	5,74
CO^2	6,15	CaSO^4	2,62
Fl.....	2,80	CaCO^3	12,78
Cl.....	tr.	MgCo^3	1,00
CaO.....	50,71	$\text{Al}^2\text{O}^3, \text{Fe}^2\text{O}^3$	1,95
MgO.....	0,48	SiO^2	0,87
$\text{Al}^2\text{O}^3, \text{Fe}^2\text{O}^3$	1,95	Eau, mat. org.....	4,36
SiO^2	0,87		<u>99,66</u>
Perte au feu.....	4,36		
	<u>101,08</u>		

Au point de vue du rapport entre l'acide phosphorique et le fluor, on a les résultats suivants :

		P^2O^5	Fl	Fl	$\frac{\text{P}^2\text{O}^5}{\text{Fl}}$
XCI	Djebel Dyr.....	33,67	2,45	3,00	0,82
XCH	Chabet el Ouissen.	32,57	2,61	2,90	0,90
XCHH	Aïn Dibba.....	32,20	2,80	2,87	0,97

L'essai spécial sur quelques autres échantillons a donné :

XCIV	Djebel Kouif.....	26,70	2,65	2,38	1,11
XCV	Maïziba	31,90	2,62	2,84	0,92
XCVI	Aïn Dibba.....	31,60	2,58	2,81	0,92
XCVII	<i>Id.</i>	15,30	1,28	1,36	0,93

M. Blayac m'a fait parvenir quelques échantillons appartenant à d'autres gites situés dans la région de Constantine et désignés sous les noms d'Aïn Fakroum, Sigus et Oum el Abeïr.

Le premier appartient à un lambeau suessonien de 4 à 5 kilomètres de long, situé à quelques kilomètres de distance du village français d'Aïn *Fakroum*, sur le flanc ouest du massif des Chebka-Mta-Sellaoua. Il est intercalé entre les calcaires à Inocérames (Sénonien supérieur) et des formations grésocalcaires très épaisses (probablement helvétiques) qui constituent la crête principale de cette longue chaîne des Chebka. Les phosphates forment trois ou quatre bancs de 0^m,60 à 1^m,10 d'épaisseur, intercalés, ainsi que des lits de silex, dans les calcaires en plaques tendres, qui ont de 20 à 30 mètres d'épaisseur et qui, reposant sur 10 à 15 mètres de marnes noires, sont eux-mêmes recouverts par une dizaine de mètres de calcaires durs nummulitiques.

Deux échantillons, l'un siliceux à 27 p. 100, l'autre à 5 p. 100 de quartz, ont donné à l'essai :

	P ₂ O ₅	ρ	Fl	$\frac{Fl}{\rho}$
XCVIII...	20,21	1,44	1,80	0,80
XCIX....	19,83	1,36	1,76	0,77

Le bassin suessonien de *Sigus* présente les mêmes divisions ; mais les marnes noires de la base sont peu épaisses et l'assise des calcaires tendres à silex prend au contraire un grand développement et comprend des bancs marneux

et des bancs phosphatés en grand nombre ; mais la plupart sont peu riches et ne peuvent guère être exploités que pour la culture locale ; seuls, les bancs les plus élevés, dont l'épaisseur ne dépasse pas 0^m,60, atteignent une teneur de 24 à 25 p. 100 d'acide phosphorique. Les calcaires cristallins formant l'assise supérieure du suessonien sont entremêlés de bancs de silex et de marnes.

Deux échantillons des phosphates de Sigus ont donné :

	P ₂ O ₅	μ	Fl	$\frac{Fl}{\mu}$
C	16,63	1,40	1,48	0,94
Cl	23,98	2,04	2,14	0,95

Le gisement d'*Oum el Abeïr* se trouve encore dans la province de Constantine, un peu plus au sud que les deux précédents. Il est compris dans un étage formé d'énormes bancs grésocalcaires et de marnes peu épaisses, qui forme les grandes crêtes de la chaîne des Chebka-Mta-Sellaoua, entre les deux immenses plaines de Temlouka et des Harectas. D'après M. Blayac, qui en a commencé l'étude, le niveau de cette formation ne serait pas encore parfaitement déterminé et paraîtrait plus élevé que celui des gîtes précédents. Le phosphate présente les mêmes caractères que celui d'Aïn-Fakroum, mais il est pauvre et souvent mêlé à de grosses lentilles calcaires.

L'essai de deux échantillons de ce gîte a donné :

	P ₂ O ₅	μ	Fl	$\frac{Fl}{\mu}$
CII	14,07	1,21	1,25	0,96
CIII	13,10	1,12	1,16	0,97

Un autre district, qui fait l'objet d'actives recherches pour phosphates, se trouve vers le sud-ouest de la province de Constantine ; il comprend les gîtes de Bordj-bou-Arreridj et ceux de M'Sila, M'Zeïta et Bordj R'dir.

La constitution géologique de l'étage suessonien est la

même dans cette région que dans celles de l'Est : marnes noires à la base, calcaires tendres en plaques avec lits de silex noirs et bancs de phosphates, enfin, par dessus, calcaires durs un peu cristallins.

Les couches sénoniennes de *M'Sila* (*) s'étendent sur le versant sud du Djebel Mahdid, reposant sur le sénonien avec une inclinaison de 20 à 30° vers le sud et formant une longue bande de 70 kilomètres environ.

Il existe, à la partie supérieure des calcaires tendres, deux bancs de phosphates de 1^m,10 et 0^m,80 et, dans la partie inférieure, plusieurs autres bancs plus minces, de 0^m,20 à 0^m,40, de teneurs plus faibles.

Les deux bancs supérieurs sont représentés par les échantillons CIV et CV, qui sont noirs, piquetés de blanc, durs et très siliceux (33,1 et 30,6 de silice) ; l'échantillon CVI, beaucoup moins siliceux (12,1 p. 100) et de teneur faible, est pris sur un banc de 0^m,30 d'épaisseur.

	P ² O ⁵	ρ	Fl	$\frac{Fl}{\rho}$
CIV.....	21,75	1,67	1,94	0,86
CV.....	22,71	1,78	2,02	0,88
CVI.....	13,75	1,02	1,23	0,84

Le *Djebel M'Zeïta*, situé au nord du M'Sila, présente une succession de couches analogues.

Je dois à M. Jacob, ingénieur des Mines à Constantine, une série d'échantillons de ce gîte, sur lequel il venait de faire exécuter un grand nombre de sondages, afin d'en déterminer l'importance. Ce gîte est situé à 30 kilomètres environ au Sud du gîte déjà connu de Bordj-bou-Arreridj.

Parmi les échantillons essayés pour acide phosphorique, j'en ai choisi deux représentant des types très différents, l'un riche, l'autre pauvre et magnésien, dont j'ai fait

(*) D'après les indications de M. Blayac, qui m'a fait parvenir les échantillons.

l'analyse complète :

	CVII	CVIII		CVII	CVIII
P ² O ⁵	35,10	10,24	Ca ³ P ² O ⁸	76,63	22,35
CO ²	2,30	30,06	CaFl ²	6,26	2,05
SO ³	tr.	tr.	CaCl ²	0,20	tr.
Fl.....	3,05	0,99	CaSO ⁴	tr.	tr.
Cl.....	0,12	tr.	CaCO ³	5,15	45,07
CaO.....	48,91	38,77	MgCO ³	0,45	19,53
MgO.....	0,22	9,30	Fe ² O ³	1,37	1,32
Fe ² O ³	1,37	1,32	Quartz, argile.	7,20	6,68
Quartz, argile.	7,20	6,68	Eau, mat. org.	2,75	2,90
Perte au feu...	2,73	2,90		<u>99,99</u>	<u>99,90</u>
	<u>101,20</u>	<u>100,26</u>			

En relevant les proportions d'acide phosphorique et de fluor on trouve :

	P ² O ⁵	Fl	Fl	$\frac{Fl}{P}$
CVII.....	35,10	3,11	3,13	0,99
CVIII.....	10,24	0,99	0,91	1,08

Le gisement de *Bordj R'dir*, situé entre M'Sila et M'Zeïta, renferme des couches de phosphate de 1^m,20 à 1^m,50 d'épaisseur. M. Pfeffel, qui dirige les recherches, m'en a adressé une série nombreuse d'échantillons, généralement assez durs et siliceux, dont la teneur en acide phosphorique, le plus souvent comprise entre 25 et 30 p. 100, s'élevait parfois jusqu'à 36 p. 100.

L'analyse complète de deux échantillons a donné :

	CIX	CX		CIX	CX
P ² O ⁵	25,70	24,25	Ca ³ P ² O ⁸	56,10	52,94
SO ³	2,37	3,10	CaFl ²	4,27	4,12
CO ²	8,06	7,26	CaSO ⁴	4,03	5,27
Fl.....	2,08	2,01	CaCO ³	14,34	14,63
Cl.....	tr.	tr.	MgCO ³	2,05	1,57
CaO.....	42,71	42,00	Al ² O ³ , Fe ² O ³ ..	3,25	9,75
MgO....	0,95	0,75	SiO ²	9,94	7,21
Al ² O ³ , Fe ² O ³ ..	3,25	9,75	Eau, mat.org.	5,95	4,90
SiO ²	9,94	7,21		<u>99,93</u>	<u>100,39</u>
Perte au feu.	5,95	4,90			
	<u>101,01</u>	<u>101,23</u>			

Les nombres relatifs à l'acide phosphorique et au fluor sont :

	P ² O ⁵	ρ	Fl	$\frac{\rho}{Fl}$
CIX.....	25,70	2,08	2,29	0,91
CX.....	24,25	2,01	2,16	0,93

Enfin, si l'on continue à s'avancer vers l'Ouest, on trouve, à la limite du Tell et de la région des hauts plateaux de la province d'Alger, une large bande suessonnienne qui s'étend entre *Boghari* et *Sidi-Aïssa*. Le suessonien supérieur, présentant 100 à 150 mètres d'épaisseur de grès et de marnes, recouvre sur presque toute son étendue le suessonien inférieur, composé, comme dans les environs de Tebessa, de marnes noires, de calcaires tendres à silex et de calcaires cristallins à Nummulites ; mais ces derniers, qui atteignent 100 à 150 mètres d'épaisseur, montrent vers l'Ouest des intercalations grésocalcaires.

Les bancs de phosphates sont toujours dans la zone des calcaires tendres à silex et presque horizontaux ; deux bancs d'environ 1 mètre d'épaisseur ont seuls des teneurs se rapprochant de 20 p. 100 d'acide phosphorique.

Voici les résultats des essais faits sur deux échantillons de phosphates de *Boghari* :

	P ² O ⁵	ρ	Fl	$\frac{\rho}{Fl}$
CXI.....	17,30	1,42	1,54	0,92
CXII.....	17,16	1,45	1,53	0,95

Les faits observés dans l'étude des gisements de phosphates de la Tunisie et de l'Algérie permettent de se faire une idée assez précise des conditions où ces gisements se sont formés.

Les sédiments marins, plus ou moins vaseux, qui ont constitué plus tard les bancs de marnes et de calcaires phosphatés, se sont certainement déposés sur des côtes basses, presque plates, ou dans des lagunes ; on trouve

dans les bancs calcaires des genres de mollusques tels que Cérithes, Turritelles, Ostrea, attestant que les eaux où ils ont vécu avaient peu de profondeur ; mais ces fossiles eux-mêmes deviennent beaucoup plus rares, lorsque les calcaires sont riches en phosphates, tandis qu'ils contiennent alors une énorme quantité de débris d'os, de dents et d'écailles, avec de nombreux coprolithes des sauriens qui vivaient sur les rivages de la mer suessonienne. Les phosphates de Gafsa, de Tébessa, de M'Zeïta sont particulièrement riches en débris de ce genre.

Les sédiments encore meubles devaient être fréquemment remaniés par les vagues, qui venaient déferler sur les côtes, comme nous le voyons pour les sables de nos plages actuelles ; mais, sur ces rivages très plats et très étendus, les moindres plis ou ondulations de terrains pouvaient modifier les conditions de dépôt ; certaines régions pouvaient se trouver isolées des autres et former des lagunes salées, comparables aux *sebkhas* ou aux *chotts* modernes, dans lesquelles l'eau de la mer n'avait accès qu'à de certains intervalles de temps et où l'eau, isolée comme dans des marais salants, subissait, pendant le reste du jour, une évaporation active et, par suite, une concentration ou même une dessiccation plus ou moins avancée.

La présence d'une masse considérable de débris organiques dans ces eaux devait avoir pour effet de les charger d'acide carbonique et de carbonate d'ammoniaque et, par conséquent, d'augmenter leur puissance de dissolution sur les calcaires et sur les phosphates. La présence de chlorure de sodium devait encore accroître la solubilité des phosphates (*).

(*) D'après les expériences relatées dans le *Traité de chimie géologique* de Bischof, une partie de phosphate de chaux tribasique exige, pour se dissoudre, 5.432 parties d'eau et seulement 3.450 parties de la même eau contenant 1/12 de son poids de chlorure de sodium. Le

Mais lorsque le phosphate, entré ainsi en solution, se trouvait amené au contact d'éléments calcaires, il devait se précipiter à la surface des grains de carbonate de chaux, qui se dissolvaient partiellement. Ainsi s'explique le dépôt superficiel du phosphate mêlé de substance organique, qui enveloppe les grains calcaires et les menus débris d'ossements et qui leur a donné une patine brune et brillante caractéristique. Les blocs ou galets de calcaire, comme il s'en trouve parfois au milieu des grains de phosphates, ont reçu une enveloppe et une patine semblables, mais sans que le phosphate pût pénétrer au-delà de la surface, fait déjà signalé plus haut comme assez fréquent dans les gîtes de Tebessa.

Remarquons enfin que, parmi les sels de la mer, qui devaient se concentrer sur les rivages plats ou dans les lagunes chaque fois que la mer se retirait, parmi ces sels, dis-je, se trouvait du fluorure de calcium, qui devait naturellement, suivant la loi que nous avons observée, se fixer sur les débris d'os, les écailles, les grains phosphatés de toute espèce et les transformer en fluophosphates plus ou moins voisins des apatites. L'expérience nous a montré que cette fixation du fluorure est particulièrement favorisée par la concentration et l'évaporation jusqu'à sec des eaux qui imprègnent les phosphates; or, ce sont précisément les circonstances qui ont dû se réaliser une infinité de fois sur ces rivages plats, sous l'influence du flux ou du reflux de la mer, pendant la durée de cette époque géologique.

On conçoit aisément que la diversité des conditions géographiques ait pu entraîner les diversités correspondantes dans la composition des phosphates; que les uns

chlorure d'ammonium a un effet encore plus prononcé. Je puis ajouter, d'après mes propres essais, que le carbonate d'ammoniaque, produit naturel de la décomposition des matières organiques azotées, produit aussi dans le même sens un effet des plus marqués.

aient pu subir une fluoration plus avancée que les autres ; de même, sur certaines plages, il a pu se déposer une plus grande quantité de calcaire ; en d'autres endroits il a pu se produire des dépôts gypseux ; ailleurs, des dépôts siliceux, qui se traduisent, tantôt par de la silice diffusée dans les calcaires marneux, tantôt par des lits de silex en nodules.

La composition des bancs de calcaires phosphatés a pu subir aussi quelques changements postérieurement à leur dépôt et même à celui des couches qui les ont recouverts. Depuis que ces couches, primitivement horizontales, ont été plissées et relevées avec les couches de craie sous-jacentes, les eaux pluviales ont pu, en y pénétrant, donner lieu à de nouveaux phénomènes de dissolution du calcaire, de dissolution et de reprécipitation du phosphate ; le minerai phosphaté a pu devenir ainsi plus sableux et plus riche.

Mais ces actions ont dû être toutes locales et ne sauraient rendre compte que d'une petite partie des modifications physiques et chimiques éprouvées par les sédiments marins. Les transformations principales et, en quelque sorte, définitives ont dû se faire à l'époque même de la formation des sédiments, lorsqu'ils étaient encore baignés par les eaux salées des lagunes.

Terrains tertiaires aux États-Unis.

La Caroline du Sud et la Floride sont les deux États de l'Amérique, où la production de phosphates minéraux est actuellement la plus considérable.

Celle de la Caroline du Sud a légèrement baissé entre 1890 et 1894, variant de 590.000 à 500.000 tonnes métriques environ ; celle de la Caroline du Nord s'est un peu élevée (9.000 tonnes en 1894). Celle de la Floride a débuté, en 1888, avec 900 tonnes seulement ; elle a passé

à 5.300 tonnes en 1890 et à 440.000 tonnes en 1894, tandis que, dans le même temps, la production des apatites du Canada descendait de 29.000 tonnes en 1890 à 6.600 tonnes seulement en 1894 (*).

1° Gisements de la Caroline du Sud ().**

Les phosphates de la Caroline du Sud paraissent avoir pour origine les calcaires éocènes de Wiscksburg, qui s'étendent presque sans interruption sur toute la côte Est, le long de l'Atlantique. L'action des eaux de surface sur ces calcaires très phosphatés aurait fait disparaître une grande partie du calcaire et les phosphates, enrichis, puis désagrégés par les eaux, auraient été transportés dans un estuaire peu profond, pendant la période miocène, et auraient formé des dépôts où ils seraient restés entremêlés avec des sables et des argiles.

On a signalé, en outre, que de nombreux ossements d'animaux pliocènes et même quaternaires ont été enfouis dans les couches phosphatées et s'y sont eux-mêmes phosphatisés, le carbonate de chaux qu'ils renfermaient ayant été dissous et remplacé par du phosphate de chaux, qui a sensiblement augmenté le poids spécifique et la dureté des ossements fossiles, surtout à la surface.

J'ai soumis à l'analyse deux échantillons, que M. Lequin a eu l'obligeance de me remettre comme types des deux variétés de phosphates de la Caroline connues dans le commerce sous les noms de *Land Rock* et de *Horseshoe*. Le premier (CXIII), Land Rock de la rivière Coosaw, se présente en gros fragments noirs, durs et caverneux, avec parties grises, empreintes de coquilles et surfaces con-

(*) *The mineral Industry for 1894*, Richard ROTHWELL, New-York.

(**) *The phosphates of America*, Francis WATT, 1891, New-York.
— Étude sur l'Industrie des phosphates, David LEVAT; *Annales des Mines*, 1895.

crétionnées luisantes. Le second (CXV), Horseshoe, est en masses grises et brunes, avec empreintes nombreuses et couches nettement concrétionnées, de couleurs blanchâtre, grise et brune.

	CXIII	CXV		CXIII	CXV
P ² O ⁵	25,14	29,74	Ca ³ P ² O ⁸	54,86	64,92
SO ³	2,30	1,63	CaFl ²	4,80	5,37
CO ³	4,34	4,90	CaCl ²	tr.	0,31
Fl.....	2,34	2,62	CaSO ⁴	3,91	2,77
Cl.....	tr.	0,20	CaCO ³	9,86	10,72
CaO.....	40,30	46,30	MgCO ³	tr.	0,42
MgO.....	tr.	0,20	Al ² O ³ ,Fe ² O ³ ..	2,33	5,20
Al ² O ³ ,Fe ² O ³ ..	2,33	5,20	Insoluble...	15,90	5,60
Insoluble...	15,90	5,60	Perte au feu.	7,90	4,61
Perte au feu.	7,90	4,61		<hr/>	<hr/>
	<hr/>	<hr/>		99,56	99,92
	100,55	101,00			

Deux autres échantillons de Land Rock et de Horseshoe ont été essayés au point de vue de l'acide phosphorique et du fluor. Voici les résultats correspondants aux deux variétés de phosphates:

		P ² O ⁵	Fl	Fl	$\frac{P}{Fl}$
Landrock...	CXIII.....	25,14	2,34	2,24	1,04
	CXIV.....	25,84	2,48	2,30	1,08
Horseshoe..	CXV.....	29,74	2,62	2,73	0,96
	CXVI.....	30,85	2,72	2,75	0,99

La composition des phosphates de la Caroline est donc, à en juger par ces quatre échantillons, très voisine de celle des apatites.

2^e Gisements de la Floride (*).

La plupart des grandes exploitations de phosphates en roche de la Floride se trouvent dans la partie occidentale de la presqu'île, dont le sol, partout à altitude très faible, est constitué par des *calcaires éocènes*. Ces calcaires ont été fissurés par les mouvements du sol et entamés par de puissantes érosions ; le phosphate y est en masses irrégulières et sans stratification.

Il existe cependant aussi quelques gites phosphatés dans des terrains plus récents, notamment dans le *calcaire miocène*, qui se montre en couches horizontales, alternant avec des parties plus tendres, souvent marneuses, et supportant un grand nombre d'étangs et de marécages dans le Nord et dans l'Ouest. En divers points, le calcaire a fait place à du phosphate, qui a conservé la structure en bancs horizontaux.

Dans la formation *pliocène*, composée de marnes et d'argiles jaunes ou blanchâtres, on trouve des lits de nodules et de graviers phosphatés, tantôt dans le fond des vallées et des rivières (*river pebble*), tantôt sur de vastes surfaces en dehors de ces vallées (*land pebble*).

On peut enfin signaler l'existence de graviers phosphatés dans des marécages et des lits de rivières, qu'il est naturel de rattacher aux formations modernes. Il y a donc, en réalité, des phosphates dans les différents niveaux géologiques des terrains de la Floride, mais avec des caractères différents, comme le sont les gisements eux-mêmes.

(*) *The phosphates of America*, FRANCIS WATT, 1891, New-York.

Les phosphates de la Floride, LADUREAU, 1892; *Mémoires de la Société nationale d'Agriculture de France*, t. CXXXV.

Etude sur l'industrie des phosphates, D. LEVAT; *Annales des Mines*, 1893.

La Floride et ses phosphates, V. WATTEYNE; *Annales des travaux publics de Belgique*, 1892; et *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, 1893.

On distingue quatre sortes principales de phosphates, couramment désignées par les dénominations suivantes : Phosphate en roche dure (*Hard rock phosphate*) ; phosphate tendre (*Soft phosphate*) ; nodules de terre (*Land pebble*) ; nodules de rivière : *River pebble*).

1° *Phosphate en roche*. — Le *Rock phosphate* que E.-T. Cox a proposé d'appeler la *Floridite*, présente les caractères généraux des phosphates concrétionnés, mais avec de grandes variétés d'aspect.

Il est ordinairement blanc, blanc laiteux ou blanc jaunâtre, plus rarement coloré en brun ou en gris, de teinte rarement uniforme ; il est souvent zoné et présente des cavités irrégulières à surfaces mamelonnées. Certaines parties sont très compactes, laiteuses, à cassure conchoïdale, difficiles à rayer au canif ; d'autres sont terreuses et tendres comme de la craie.

Une variété du rock phosphate se trouve en plaques de 1 à 3 ou 4 centimètres d'épaisseur, généralement jaunâtres et dures ; on le nomme phosphate en roche plate (*Plate rock*). Souvent plusieurs plaques sont superposées, mais séparées les unes des autres par de petits lits sableux ou argileux, qui témoignent d'interruptions survenues dans le dépôt des concrétions de phosphate.

D'après la description des gites, faite par M. Watteyne, « le phosphate en roche forme des poches ou des massifs irréguliers disséminés çà et là dans le terrain et séparés l'un de l'autre par des espaces extrêmement variables, de sorte que, dans la région même qui contient ces massifs, on est exposé à ne rencontrer que du sable, de l'argile ou du calcaire sur des surfaces considérables.

Les massifs se manifestent parfois à la surface par des protubérances grisâtres ou brunâtres ; mais, le plus souvent, une couche plus ou moins épaisse de sable les recouvre et ce n'est que par des sondages multiples qu'on peut s'assurer de leur présence.

Le massif ne se compose pas exclusivement de phosphate en roche ; il contient, au contraire, une proportion notable de phosphate tendre, sensiblement de même couleur que le *Rock phosphate* et désigné sous le nom de *Soft phosphate*. Il s'y trouve, en outre, du sable blanc et de l'argile blanche. A première vue, on n'aperçoit qu'un ensemble homogène ; mais, en y regardant de près, il est aisé de distinguer l'une de l'autre les parties constitutives du massif.

Certains blocs ou *boulders* sont très massifs et durs ; cependant leur extraction exige rarement l'emploi de la dynamite ; mais ils offrent une assez grande résistance au broyage. Au contraire, le *Soft phosphate*, dont on trouve parfois des amas assez considérables au voisinage du phosphate dur, s'écrase facilement entre les doigts, à la façon du blanc de Meudon.

Les gisements du *Rock phosphate* sont concentrés dans une zone grossièrement parallèle à la côte ouest de la Floride, depuis Tallahassee jusque vers Tampa ; cette zone, assez étroite et longue de près de 350 kilomètres, se trouve à une distance de la mer variant de 30 à 50 kilomètres en général, rarement de 60 à 70 kilomètres.

2° *Phosphate en nodules*.— Les gisements de phosphate en nodules sont situés plus au Sud, principalement dans la vallée de la *Peace river*, cours d'eau qui prend sa source au nord de Bartow et s'écoule vers le sud dans l'estuaire de Charlotte Harbor, près de Punta Gorda.

On distingue les nodules de rivière (*River pebble*) et les nodules de terre (*Land pebble*). Ces deux variétés de phosphates paraissent avoir une origine commune ; mais les premiers ont été lavés par les eaux, qui les ont remaniés, tandis que les derniers se trouvent dans le sol, empâtés de sable et d'argile.

Les nodules du *Land pebble*, qui paraissent provenir eux-mêmes d'un premier remaniement du *Rock phosphate*

par les cours d'eau de l'âge pliocène ou peut-être pléistocène, sont blanchâtres ou brunâtres, peu arrondis et de dureté variable, suivant qu'ils proviennent de phosphate en roches plus ou moins dur ou tendre.

Ils forment avec la gangue sableuse une sorte de conglomérat meuble, de teneur peu uniforme, occupant le fond d'anciennes et très larges vallées et recouvert par des alluvions d'épaisseur variable. Il arrive quelquefois, pour les dépôts situés au-dessus du niveau des eaux, que des infiltrations ferrugineuses réunissent les nodules en un véritable conglomérat ; le minerai, même après concassage et criblage, reste alors trop chargé de fer et d'alumine pour être recherché.

Quant au *River pebble*, il est exploité dans le lit des rivières actuelles, la Peace river et quelques autres de la même région.

Dans le terrain sableux et presque plat, dont le fond est occupé par les nodules du *Land pebble*, les rivières tracent capricieusement leurs méandres et changent assez souvent de cours pendant la saison des pluies ; les nodules remaniés s'arrondissent et prennent sous l'eau une couleur d'un bleu presque noir, qui paraît devoir être attribuée aux matières organiques et surtout au tannin ; on sait, en effet que, dans divers pays, dans le centre de la France notamment, ces matières donnent souvent une teinte sombre au fond des rivières dépourvues de calcaire.

Les graviers et nodules de rivières forment des accumulations plus ou moins considérables suivant les sinuosités ou la vitesse du cours d'eau ; dans certains endroits les dépôts se reforment à mesure qu'ils ont été exploités.

Les méthodes d'exploitation des phosphates en roche et en nodules, soit à terre, par excavateur ou par la méthode hydraulique, soit sous l'eau, dans les rivières ou dans les savanes marécageuses, par les dragues ordinaires ou les dragues à suction, ont été décrites dans les ou-

vrages que j'ai signalés au début de ce chapitre. Je m'abstiendrai d'en parler, ainsi que des opérations ultérieures, ayant pour but l'enrichissement des phosphates.

D'après M. Ladureau, les minerais de la Floride arrivent, à la suite de ces opérations, à une teneur assez régulière. Exprimée en phosphate tribasique de chaux, la teneur générale est comprise : pour les trois variétés de phosphate en roche (*Hard rock*, *Plate rock* et *Soft phosphate*) entre 70 et 80, parfois même 83 p. 100 ; pour le *Land pebble*, de 60 à 70 p. 100 ; pour le *River pebble* entre 55 et 62 p. 100.

M. Ladureau a eu l'obligeance de me remettre, avec leurs noms, une collection choisie d'échantillons des principaux types, que je désirais soumettre à l'analyse et qui sont maintenant déposés à la *Collection des gîtes* de l'École des Mines.

Je vais donner, après une très courte description de ces échantillons, les résultats des essais et des analyses.

CXVII. *Hard rock* ou phosphate en roche dure, concrétionnée, avec cavités irrégulières, cassure mate, de couleur chamois, poussière blanc jaunâtre.

CXVIII. *Plate rock* ou phosphate en roche plate, demi-dur, à cassure mate, de couleur blanc jaunâtre, ainsi que la poussière.

CXIX. Autre échantillon de *Plate rock*, en plaques à surfaces mamelonnées, de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, avec de minces intervalles vides. Couleur gris jaunâtre, poussière blanchâtre.

CXX. *Soft phosphate*, phosphate tendre, terreux, s'écrasant entre les doigts, de couleur blanc jaunâtre.

CXXI. *Pebble*, phosphate en masses concrétionnées et mamelonnées, à surface noire et à poussière d'un bleu noirâtre.

CXXII. *Drift* ou *Gravel*, phosphate bréchiforme, com-

posé de fragments concrétionnés à cassure grise, avec zones d'accroissement noir bleuâtre et cavités mamelonnées, rappelant l'aspect des phosphates du Quercy.

CXXIII. *River pebble*, phosphate de rivière, de la Peace river, en petits nodules ou cailloux arrondis, les uns noirs, d'autres gris, à surfaces mamelonnées, retenant des coquilles et des dents fossiles. Poussière d'un gris bleuâtre.

L'essai pour acide phosphorique et fluor a donné :

	P ² O ₅	P	F	$\frac{P}{F}$
CXVII.....	37,76	3,74	3,37	1,11
CXVIII.....	36,22	3,50	3,23	1,08
CXIX.....	36,46	3,66	3,25	1,13
CXX.....	33,52	3,19	2,99	1,07
CXXI.....	35,24	3,36	3,14	1,07
CXXII.....	33,50	3,79	2,99	1,27
CXXIII.....	27,72	3,57	2,47	1,45

En outre, trois échantillons appartenant aux trois variétés du *Hard rock*, en roche massive, jaunâtre, du *River pebble*, en petits grains noirs arrondis, et du *Soft phosphate* en masse blanche friable, ont été analysés d'une manière complète : leur composition peut être ainsi représentée :

	CXXIV Hard rock	CXXV River pebble
Phosphate de chaux.....	83,44	61,78
Fluorure de calcium.....	6,59	7,24
Chlorure.....	traces	traces
Sulfate de chaux.....	0,51	1,45
Carbonate de chaux.....	—	7,54
Carbonate de magnésie.....	0,69	0,54
Peroxyde de fer et alumine.....	3,70	7,34
Résidu insoluble.....	1,05	9,65
Eau et matière organique.....	3,52	3,96
	<hr/> 99,50	<hr/> 99,50

CXXVI Soft phosphate	
Phosphate de chaux.....	71,06
Phosphate d'alumine.....	7,86
Phosphate ferrique.....	1,32
Fluorure de calcium.....	6,55
Chlorure	traces
Carbonate de chaux	7,18
Carbonate de magnésie.....	traces
Résidu insoluble.....	0,15
Eau et matière organique.....	5,90
	<hr/> 100,02

Les relations entre l'acide phosphorique et le fluor sont exprimés par les nombres suivants :

	P ₂ O ₅	P	Fl	$\frac{P}{Fl}$
CXXIV.....	38,21	3,21	3,34	0,96
CXXV	28,30	3,53	2,52	1,40
CXXVI.....	38,26	3,83	3,41	1,12

Les analyses montrent que le phosphate tendre ou *Soft phosphate* diffère du phosphate dur et du phosphate en nodules non seulement par sa friabilité, mais aussi par sa composition, dans laquelle entrent des proportions très notables de phosphate d'alumine et de phosphate ferrique. On se rappelle que ces deux caractères appartiennent aux phosphates terreux d'alumine, comme la *Minervite*, dont il est parlé plus haut; mais, contrairement à celle-ci, le *Soft phosphate* ne renferme pas de potasse.

Sans insister sur les différences qui existent entre le *Hard rock* et le *River pebble*, j'appellerai seulement l'attention sur la proportion de fluorure de calcium, qui est exceptionnellement élevée dans le phosphate de rivière, et qui, même dans la plupart des autres échantillons, atteint ou dépasse celle de l'apatite normale.

Ce fait peut sembler surprenant à un double titre : d'une part les phosphates de la Floride sont, en réalité,

des phosphates concrétionnés, comme ceux du Quercy, du Gard, de l'Oranais, etc., qui tous sont extrêmement peu fluorés ; d'autre part, ils sont d'âge relativement récent, puisque tous appartiennent aux terrains tertiaires, et il semble qu'il y ait contradiction entre le degré de fluoration que je viens de signaler et l'observation générale que j'avais faite antérieurement au sujet des ossements fossiles, à savoir : que leur teneur en fluor est d'autant moindre qu'ils sont d'âge plus récent (*).

En effet, dans les conditions ordinaires, d'après mes précédentes expériences, des os de vertébrés terrestres de la période éocène, qui n'auraient été exposés qu'à l'action ordinaire des eaux douces depuis l'époque de leur enfouissement dans la terre, ne devraient pas avoir une teneur en fluor supérieure à 2 p. 100.

Mais, en examinant les conditions spéciales dans lesquelles se sont probablement formés les gîtes phosphatés dont nous parlons, on trouvera, je crois, l'explication de cette contradiction apparente.

Il me paraît, en effet, tout à fait vraisemblable que les eaux de la mer ont joué un rôle important dans la formation des gîtes de la Floride, comme dans celle des phosphates éocènes d'Algérie et de Tunisie.

J'ai fait observer tout à l'heure que les gîtes les plus nombreux et les plus riches de la Floride étaient situés près des côtes de la péninsule, qui touchent au golfe du Mexique. Ce golfe aux eaux tièdes nourrit une multitude prodigieuse de poissons et d'oiseaux pêcheurs, tandis que, sur la côte de l'Atlantique, on voit beaucoup moins de ces animaux et l'on trouve aussi beaucoup moins de phosphates. Il y a, à mes yeux, une relation étroite entre ces deux faits : la présence des oiseaux et des

(*) Recherches sur la composition des os modernes et des os fossiles : *Annales des Mines*, 1893, 1^{er} semestre.

poissons en quantités innombrables et l'existence des phosphates dans l'Ouest de la Floride.

Cette relation est bien mise en relief dans la page suivante empruntée au mémoire que M. Ladureau a rédigé au retour d'une mission de plusieurs mois sur les exploitations de la Floride (*) :

« On est, dit-il, généralement d'accord pour attribuer aux phosphates de Floride une origine animale ; on les considère comme le produit de l'accumulation, en certains points de la côte, des ossements et des déjections de légions innombrables de poissons, de mammifères et probablement aussi d'oiseaux, qui se sont succédé aux mêmes endroits durant des milliers d'années. J'incline à croire que certains dépôts de phosphate amorphe demi-tendre, qui ont, comme à Dunnellon, de grandes profondeurs, sont tout simplement d'anciens gisements de guano déposés par les oiseaux de mer, qui pullulaient autrefois sur les rives du golfe du Mexique, guano dont presque toute la matière animale a disparu, soit qu'elle ait été entraînée peu à peu par les pluies continues, qui règnent dans ce pays de mai à octobre, soit qu'elle ait été transformée en produits volatils par différentes fermentations, ainsi que cela a lieu de nos jours dans les îles Galapagos, sur la côte du Chili et en d'autres points, où le guano ne renferme plus guère que du phosphate.

Quant aux plaques cristallines et aux autres phosphates de roche dure, je pense qu'ils sont le résultat de la dissolution des amas d'os et d'excréments, dont j'ai parlé, par des eaux souterraines chargées de gaz acides, comme on en trouve encore aujourd'hui dans beaucoup de points en Floride. Ces eaux, saturées d'hydrogène sulfuré, qui, par son oxydation à l'air, donne de l'acide sulfurique, ont dû

(*) Les phosphates de la Floride et l'Agriculture française, *Société nationale d'Agriculture de France*, t. CXXXV des *Mémoires*.

dissoudre peu à peu ce phosphate, et, si elles rencontraient sur leur passage des terrains imperméables, elles l'y déposaient en s'évaporant, en cristallisation confuse, mais très purifié et débarrassé d'une grande partie du carbonate de chaux, auquel il était primitivement mélangé..... »

Il ne me semble même pas nécessaire de recourir à l'hypothèse d'eaux et de gaz acides provenant d'émanations sulfurées pour expliquer la dissolution du carbonate de chaux et celle du phosphate. J'ai déjà dit plus haut que cette dissolution était favorisée dans les eaux douces et surtout dans les eaux de la mer par la présence de l'acide carbonique et des sels ammoniacaux résultant de la décomposition à l'air des matières organiques azotées.

Or, pendant une longue suite de siècles, les terrains plats de la Floride, encore aujourd'hui peu élevés au-dessus de la mer, ont dû être, chaque jour, alternativement couverts par les eaux et exposés aux ardeurs du soleil. Même lorsque les marées ordinaires n'eurent plus accès régulier sur ces terrains, lentement soulevés par le mouvement d'ondulation de l'écorce terrestre, les tempêtes continuèrent à couvrir les côtes, jusqu'à une grande distance, et à pousser vers les dépressions du sol les dépouilles de myriades d'animaux marins, les déjections et les débris de toutes sortes laissés par d'innombrables oiseaux pêcheurs, qui furent la matière première des phosphates.

Cette action des eaux de la mer, tantôt envahissant les côtes et baignant les débris animaux, riches en phosphore, tantôt s'évaporant autour d'eux avec rapidité, action sans cesse renouvelée pendant un grand nombre de siècles, me paraît fournir l'explication cherchée de la dissolution et du dépôt, sous forme de concrétions, d'une quantité si considérable de phosphates.

Les amas irréguliers du *Hard rock* ont dû être constitués directement par l'évaporation des eaux provenant

du lessivage journalier de ces masses de débris et de déjections, riches en azote et en phosphore, et par le dépôt de concrétions phosphatées dans les crevasses du sol. Les autres sortes de phosphates, d'origine plus récente, telles que les nodules de terre et de rivière, paraissent n'être que des produits de remaniement du *Hard rock*.

Or, les mêmes phénomènes ont été très favorables à la fluoration des phosphates qui se déposaient ; bien que les eaux de la mer ne renferment que de faibles quantités de fluorures (*), leur renouvellement incessant et leur évaporation au milieu des phosphates, qu'elles imprégnaient, ont dû avoir pour objet de pousser très loin la fluoration. C'est précisément ce que nous apprend l'analyse, puisque les phosphates de la Floride atteignent ou dépassent la teneur en fluor des apatites exclusivement fluorées.

C'est donc, sans doute, à l'intervention très prolongée des eaux de la mer que les phosphates de la Floride doivent d'être tout à la fois concrétionnés et très riches en fluor, qualités qui semblaient exclusives l'une de l'autre d'après les exemples précédemment examinés. On peut croire, au contraire, que les phosphorites exploitées dans les poches de l'Oranais et du Midi de la France sont généralement pauvres en fluor parce qu'elles proviennent de phosphates terrestres peu fluorés, dissous et déposés par des eaux douces, qui ne renfermaient que des traces de fluorures.

(*) Voir la note de la page 175.

THÉORIE
DE LA
STABILITÉ DES LOCOMOTIVES
(SECONDE PARTIE) (*)

MOUVEMENT DE LACET
Par M. J. NADAL, Ingénieur des Mines.

CHAPITRE PREMIER.

MOUVEMENT DE LACET D'UNE LOCOMOTIVE. FORCES APPLIQUÉES.

**I. — Considérations sur les mouvements parasites.
Leur définition.**

D'après un principe de cinématique, quand un solide est animé d'un mouvement quelconque, on peut décomposer ce dernier en une translation du centre de gravité et en une rotation autour de ce point. Ce mouvement relatif de rotation peut s'étudier comme si le centre de gravité était fixe et peut être regardé comme la résultante de trois mouvements de rotation élémentaires, qui, pour une locomotive, sont les suivants :

- 1° Une rotation autour d'un axe vertical (lacet);
- 2° Une rotation autour d'un axe horizontal parallèle à la voie (roulis) ;

(*) Voir tome IX, 4^e livraison 1896, p. 413-467.

3° Une rotation autour d'un axe horizontal normal à la voie (tangage);

et dont les équations s'obtiennent en égalant à zéro la somme des moments des forces extérieures et des forces d'inertie pris par rapport à chacun des trois axes passant par le centre de gravité.

Enfin, les mouvements parasites ne donnant lieu qu'à des déplacements très petits, on peut considérer chacun d'eux comme indépendant.

Les forces extérieures agissant sur une locomotive sont :

1° Les réactions horizontales et verticales exercées par la voie ; elles dépendent de la pression des roues sur leurs points d'appui, sur les rails, et, par suite, des oscillations du poids suspendu sur les ressorts ;

2° L'action du train, qui est tantôt une résistance agissant sur le crochet de la traction, à peu près dans le plan médian, tantôt une poussée agissant sur les tampons et, par suite, à une certaine distance du plan médian ;

3° La pesanteur ;

4° Les réactions latérales que le tender exerce sur la locomotive et qui dépendent de la disposition de l'attelage et des tampons ;

5° Les forces d'inertie provenant des pièces en mouvement relatif.

Les mouvements de rotation autour des deux axes horizontaux se traduisent par une oscillation du poids suspendu sur les ressorts et ne se font pas sentir sur le train d'essieux, sinon les roues se trouveraient soulevées au-dessus des rails, ce qui n'arrive pas ordinairement. La tension des ressorts ne peut devenir négative que dans des cas exceptionnels. Les pièces en mouvement relatif n'exercent aucune influence sur les oscillations du bâti, c'est-à-dire sur le roulis et le tangage, tant qu'elles ne sont pas capables de soulever les roues.

En sorte que le mouvement d'une locomotive autour de son centre de gravité ne se compose réellement que d'une oscillation du bâti sur les ressorts et d'une rotation de l'ensemble de la machine autour d'un axe vertical. Cette rotation est simple, s'il n'y a pas de jeux entre les essieux et le bâti. Dans le cas contraire, c'est-à-dire en pratique, la rotation du bâti peut être différente de celle du train d'essieux.

Nous avons étudié dans la première partie de ce mémoire les oscillations du poids suspendu. Nous nous occuperons maintenant du mouvement de lacet.

Considérons d'abord la rotation du bâti seul autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité. Il suffit, à cet effet, d'introduire parmi les forces agissant sur le bâti les réactions que les essieux exercent sur lui par l'intermédiaire des boîtes à graisse et des plaques de garde ou glissières. En dehors de ces réactions, les forces extérieures donnant lieu à un mouvement de rotation autour d'un axe vertical se réduisent aux efforts exercés par la vapeur sur les plateaux des cylindres. Quant à la résistance du train et aux autres réactions du tender et du train sur la machine, nous n'en tiendrons compte que plus tard.

Soient I_1 le moment d'inertie du bâti de la locomotive; θ , l'angle que fait le plan médian avec le plan vertical passant par l'axe de la voie; et N , le moment des forces extérieures.

L'équation du mouvement de rotation est :

$$I_1 \frac{d^2\theta}{dt^2} = N.$$

Comme nous l'avons dit, les forces qui entrent dans le calcul de N , et dont l'étude préalable est nécessaire, se composent des efforts exercés par la vapeur sur les plateaux des cylindres, et des réactions entre les plaques

de garde et les boîtes à graisse. Ces réactions sont de nature complexe et peuvent se diviser en trois composantes distinctes, qui proviennent :

1° De l'action de la vapeur sur le piston, et de là sur le bouton de manivelle ;

2° De l'effet des masses en mouvement relatif ;

3° De la résistance qu'oppose la voie aux mouvements latéraux.

II. — Étude des forces provenant de l'action de la vapeur et de celles des pièces en mouvement relatif. Locomotives à cylindres extérieurs.

La pression effective, P_0 , de la vapeur agissant sur le piston est employée à faire tourner les roues motrices, à communiquer l'accélération aux masses en mouvement relatif et à vaincre les résistances passives du mécanisme (frottements du piston et de sa crosse, du tiroir et des articulations). Si ces deux dernières causes de dépense de force n'existaient pas, la pression P_0 serait transmise intégralement à la crosse du piston, où elle se décomposerait en une force verticale appliquée à la glissière, $P_0 \operatorname{tg} \beta$, et en une force dirigée suivant la bielle motrice, $\frac{P_0}{\cos \beta}$. Cette dernière, appliquée au bouton de manivelle, se répartirait à son tour entre la boîte à graisse, le point de contact de la roue avec le rail et la bielle d'accouplement, s'il en existe.

Pour tenir compte des résistances passives, il faudrait multiplier la valeur de la pression par un coefficient inférieur à l'unité, car elles déterminent une perte sèche de travail. On peut donc faire abstraction de ces résistances en supposant implicitement qu'on a introduit ce coefficient de réduction dans le calcul une fois pour toutes.

La force d'inertie des pièces mobiles modifie la répar-

tition de la pression, tant à la crosse du piston qu'au bouton de manivelle; mais il n'y a aucune perte de travail. En effet, le piston et les autres pièces subissent une accélération horizontale pendant la première moitié de la course, puis le mouvement est retardé. Ordinairement les forces d'inertie agissent d'abord à l'encontre de la pression de la vapeur, puis dans le même sens, avec la même intensité dans les deux cas. Il n'y a donc aucune perte de travail: on rend dans la seconde partie de la course ce qui a été absorbé dans la première.

Les pièces mobiles peuvent se décomposer en deux catégories:

1° Les pièces en mouvement alternatif constituées par une partie de la bielle motrice, par le piston, sa tige et sa crosse. Le centre de gravité de ces pièces se trouve, à peu de chose près, sur l'axe du cylindre; leur force d'inertie est toujours dirigée suivant cet axe et a une intensité variable qui vient diminuer la force résultant de la pression de la vapeur pendant la première moitié de la course et l'augmenter pendant l'autre moitié :

2° Les pièces tournantes, qui font que le centre de gravité de la roue est excentrique. La force d'inertie (ou force centrifuge) de ces pièces a une direction variable; elle produit donc un double effet: modification des réactions horizontales de la boîte à graisse sur la plaque de garde, modification de la réaction verticale de la roue sur le rail.

Considérons une machine ayant un seul essieu moteur et supposons que la vitesse de rotation soit uniforme. Soit F_a la force d'inertie des pièces à mouvement alternatif. La force transmise par la vapeur, dont la pression dans le cylindre est P_0 , à la tête de manivelle est $\frac{P}{\cos \beta}$, P étant égal à $P_0 - F_a$. Le point d'application de cette force peut être reporté en D (*fig. 1*), sur le rayon vertical

OA, et se décompose en une force horizontale faisant tourner la roue et une force verticale augmentant la pression de la roue sur le rail. La composante horizontale, qui n'est autre que P, se répartit aux points O et A, sui-

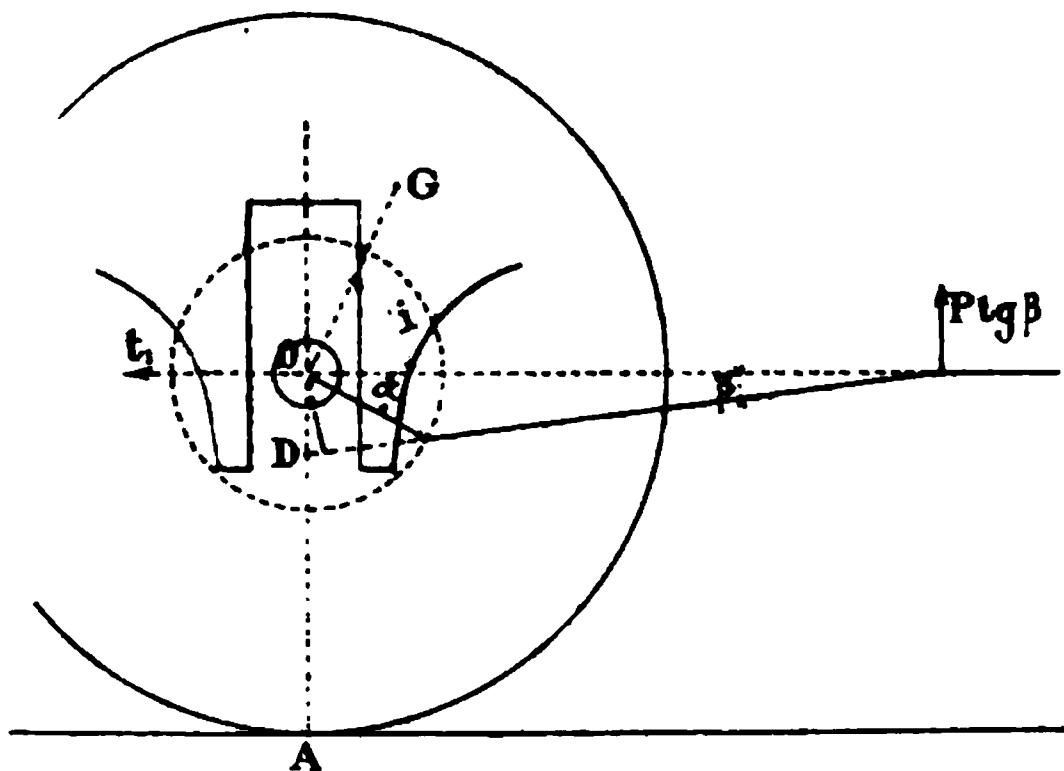


FIG. 1.

vant les bras de levier AD et OD. Par conséquent, elle donne lieu à une réaction t_1 , agissant au point O de l'essieu, dont la valeur est :

$$t_1 = P \frac{AD}{OA} = P \left(1 - \frac{r}{R} \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \right).$$

De même, la réaction de la roue sur le rail serait (en supposant la roue dans le plan de l'axe du cylindre) :

$$T_1 = P \frac{OD}{OA} = P \frac{r}{R} \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}.$$

S'il s'agit d'une machine à plusieurs essieux moteurs, les équations ci-dessus sont applicables; seulement t_1 et T_1 représentent alors la somme des efforts exercés sur chaque essieu et à la jante de chaque roue.

A la valeur de t_1 , il faut ajouter les réactions provoquées par les pièces tournantes. Ces diverses pièces, n'étant pas

dans un même plan, agissent en divers points de l'essieu considéré comme un levier droit. Prenons celles d'entre elles qui sont dans un même plan, et soit G la position de leur centre de gravité pour un angle de manivelle α . Supposons que tout le poids M soit reporté au centre de gravité. La position relative des pièces mobiles ne changeant pas, le rayon OG fait un angle fixe avec le rayon de manivelle, et, par suite, l'angle i de OG avec l'horizontale dépend de l'angle α . La force centrifuge $\frac{M}{g} \omega^2 a$ (ω est la vitesse angulaire et $a = OG$) a pour composantes :

$$\text{horizontale, } \frac{M}{g} \omega^2 a \cos i = F,$$

et

$$\text{verticale, } \frac{M}{g} \omega^2 a \sin i = F_v.$$

Elle est dirigée suivant le rayon OG , et son point d'application peut être reporté en O . Par conséquent, la force t_2 , agissant sur l'essieu du fait de la force centrifuge, est égale à la composante horizontale de cette dernière, et il n'y a pas de réaction horizontale T_2 sur la voie.

Au total, une série d'efforts situés dans des plans diffé-

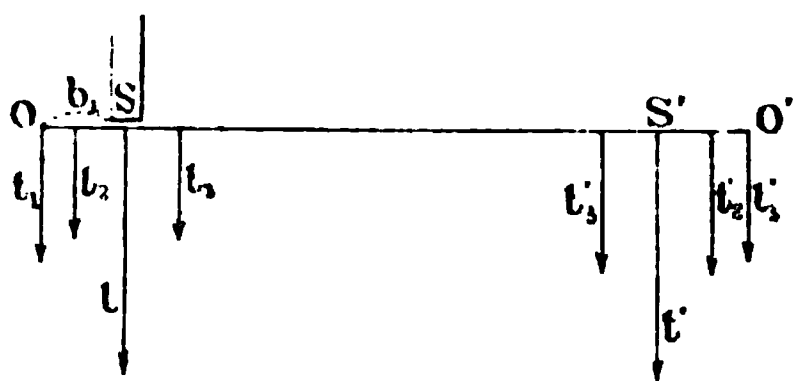


FIG. 2.

rents, t_1, t_2, t_3 , etc., d'un côté de la machine, t'_1, t'_2, t'_3 , etc., de l'autre côté, sont exercés sur l'essieu en des points différents et tendent à presser les boîtes à graisse contre les

plaques de garde aux points S et S' (fig. 2). On détermine facilement les réactions exercées t et t' . Soient: l , la distance SS' ; et b_1, b_2, b_3 , etc., les distances, égales des deux côtés,

des points d'application des forces t_1, t'_1, t_2, t'_2 , etc., aux points S, S'. Les valeurs t et t' sont données par les relations suivantes :

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + \frac{b_1}{l} (t_1 - t'_1) + \frac{b_2}{l} (t_2 - t'_2) + \dots$$

$$t' = t'_1 + t'_2 + t'_3 + \dots + \frac{b_1}{l} (t'_1 - t_1) + \frac{b_2}{l} (t'_2 - t_2) + \dots$$

Les distances b seront comptées positivement en dehors de l'intervalle SS', et négativement dans le cas contraire. De même, les forces t_1, t_2 , etc., seront positives ou négatives, suivant qu'elles seront dirigées vers l'avant ou vers l'arrière.

Nous avons ainsi calculé les réactions t et t' exercées sur les longerons. Elles sont presque constamment dirigées dans le même sens que la force transmise par la vapeur aux bielles motrices, c'est-à-dire en sens inverse de la pression exercée sur les plateaux des cylindres. La différence $P_0 - t$ représente donc la force réelle appliquée au longeron ; c'est elle qui fait équilibre à la résistance du train et *qui, par suite, fait avancer la locomotive*.

Elle est variable à chaque instant d'un côté et de l'autre de la machine ; par suite, elle tend à imprimer au bâti un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. Ce mouvement de rotation dépend du moment des forces P_0 et t . Or, t étant une résultante de forces parallèles, son moment est égal à la somme des moments de ses composantes. Cela nous dispensera de calculer la valeur même de t .

D'après ce qui précède, les éléments à déterminer pour résoudre le problème sont :

1° La pression P_0 ; elle est donnée par les diagrammes des pressions de la vapeur dans les cylindres ;

2° La force P , égale à P_0 moins la force d'inertie des pièces animées d'un mouvement alternatif ;

3° La force centrifuge des pièces tournantes.

En appelant m_1, m_2 , etc., la masse de chacune des pièces tournantes, et x, y , les coordonnées de leur centre de gravité par rapport à l'axe horizontal et à l'axe vertical passant par le centre de la roue, la composante horizontale de la force centrifuge est :

$$\Sigma m r \omega^2,$$

et la composante verticale :

$$\Sigma m y \omega^2.$$

Il est facile de calculer $\Sigma m x$ et $\Sigma m y$, en supposant que le poids de la bielle motrice se répartisse à la crosse du piston et au bouton de manivelle en raison inverse de la distance du centre de gravité de la bielle à chacun de ces deux points, et que le poids de la bielle d'accouplement se répartisse de la même façon entre les boutons des manivelles motrice et accouplée. Cette répartition donne une approximation suffisante en pratique.

Soient : a et a' , les distances du centre de gravité de la manivelle motrice, de poids M et de rayon r , au centre O de l'essieu moteur et de celui de la manivelle accouplée M' au centre O' de l'essieu accouplé ;

c et c' , les distances à O et O' des centres de gravité des contrepoids C et C' qui sont placés sur des rayons faisant les angles φ et φ' avec les manivelles M et M' ;

d , la distance du centre de gravité de la bielle motrice, de poids B et de longueur b , à la tête de manivelle.

Les valeurs de gmx et de gmy , pour les parties tournantes d'un même côté de la machine, sont données par le tableau suivant :

1° Essieu O.

	<i>gm_x</i>	<i>gm_y</i>
Manivelle M.....	$Ma \cos \alpha$	$Ma \sin \alpha$
Contrepoids C de l'essieu moteur	$Cc \cos (\alpha + \varphi)$	$Cc \sin (\alpha + \varphi)$
Bielle motrice B.....	$B \left(1 - \frac{d}{b}\right) r \cos \alpha$	$B \left(1 - \frac{d}{b}\right) r \sin \alpha$
Bielle d'accouplement B'.....	$\frac{B'}{2} r \cos \alpha$	$\frac{B'}{2} r \sin \alpha$

2° Essieu O'.

Manivelle M'.....	$M'a' \cos \alpha$	$M'a' \cos \alpha$
Contrepoids C' de l'essieu accou- plé.....	$C'c' \cos (\alpha + \varphi')$	$C'c' \sin (\alpha + \varphi')$
Bielle d'accouplement.....	$\frac{B'}{2} r \cos \alpha$	$\frac{B'}{2} r \sin \alpha$

D'ailleurs, ce qu'il nous importe de calculer, c'est le moment de rotation auquel donne lieu la force centrifuge des pièces tournantes ; il faudra donc faire la somme du produit de chaque composante, *mx*, par sa distance au plan médian.

La force d'inertie, *F_a*, des pièces animées d'un mouvement alternatif (piston, tige et crosse, dont le poids total est *Q*, et fraction $B \frac{d}{b}$ du poids de la bielle motrice) a pour expression :

$$F_a = - \frac{1}{g} \left(Q + B \right) \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{g} \left(Q + B \frac{d}{b} \right) r \omega^2 \cos \alpha.$$

Application numérique. — Nous allons calculer les expressions ci-dessous avec les données suivantes, qui

ont été prises sur une machine à voyageurs de la Compagnie d'Orléans, série 265 à 400.

	POIDS DES PIÈCES	DISTANCE du centre de gravité au centre de l'essieu	DISTANCE du centre de gravité à la tête de manivelle	LONGUEURS r et b	DISTANCE au plan médian
	kilogs				
Manivelle motrice, y compris la fausse manivelle.....	113	0 ^m ,21	»	0 ^m ,325	0 ^m ,95
Manivelled'accouplement M'..	34	0 ,21	»	id.	0 ,93
Bielle motrice B.....	122	»	0 ^m ,80	1 ^m ,80	0 ,95
Bielle d'accouplement B'....	119	»	»	2 ,1	1 ,06
Piston, tige et crosse Q.....	152	»	»	»	0 ,95
Contrepoids C de la roue motrice, calé à 180° de la manivelle.....	143	0 ,80	»	»	0, 76
Contrepoids C' de la roue accouplée, calé à 180° de la manivelle.....	65	0 ,86	»	»	0, 76

Nous avons pour les pièces tournantes :

$$g \Sigma m x = \left[Ma + B \left(1 - \frac{d}{b} \right) r + B' r + M' a' - C c - C' c' \right] \cos \alpha = -78,79 \cos \alpha.$$

Le signe — signifie que la direction de la force centrifuge, $\omega^2 \Sigma m x$, est en sens inverse de celle de la manivelle :

Moment de $g \Sigma m x = - 38,39 \cos \alpha.$

Pour l'autre côté de la machine (le côté gauche), où la manivelle est en retard de 90°, il suffit de remplacer $\cos \alpha$ par $\sin \alpha$. Le moment de rotation, N_r , autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité est donc :

$$N_r = - 38,39 \frac{\omega^2}{g} (\cos \alpha + \sin \alpha).$$

La valeur de F_a pour le côté droit de la machine est :

$$F_a = 67,047 \frac{\omega^2}{g} \cos \alpha.$$

Les quantités N_r et F_a peuvent être représentées graphiquement par une simple ligne droite, si on prend pour abscisse, non plus l'angle α , mais la longueur parcourue par le piston. L'ordonnée de cette droite est nulle au milieu de la course (en négligeant l'obliquité de la bielle) et égale au coefficient de $\cos \alpha$, affecté tantôt du signe + et tantôt du signe —, aux extrémités de la course.

Construction du moment total de rotation. — D'après ce que nous avons dit plus haut sur les moyens de calculer les efforts exercés sur le longeron, la construction graphique du moment total de rotation peut s'effectuer comme il suit : je construis d'abord, en prenant pour abscisses les longueurs parcourues par le piston, le diagramme P_0 des pressions effectives de la vapeur sur le piston, puis la droite représentant la force d'inertie, F_a , qui est toujours de même signe que P_0 au début de la course. Ensuite je construis par points la courbe :

$$t_1 = (P_0 - F_a) \left(1 - \frac{r}{R} \frac{\sin (\alpha + \beta)}{\cos \beta} \right).$$

Le produit de $P_0 - t_1$ par la distance de l'axe du cylindre au plan médian me donne un moment N_a qui, ajouté à N_r , fournit le moment total N .

Exemple. — Dans l'application numérique ci-dessus, le diamètre des roues étant de 2 mètres et les diagrammes des pressions dans le cylindre (course du piston : 0^m,65; diamètre : 0,44) étant ceux des *fig.* 1, 2 et 3 (Pl. IV) pour des vitesses de 3, 4 et 5 tours par seconde, les

valeurs du moment N (*) sont données, dans les *fig.* 4, 5 et 6 (Pl. IV), par les courbes pointillées pour le côté droit de la machine, par les courbes ponctuées pour le côté gauche et par les courbes en traits pleins pour l'ensemble. Les ordonnées positives de N fournissent les moments tendant à faire tourner de droite à gauche.

On voit que la plus grande valeur du moment N est toujours négative, c'est-à-dire tend à faire tourner la machine de gauche à droite.

Les valeurs maxima de N sont :

Pour la vitesse de 3 tours par seconde.....	4,256
" 4 " 	4,864
" 5 " 	5,320

Si la machine était suspendue et maintenue latéralement par des ressorts placés au droit des roues d'avant, qui se trouvent à 2^m,50 environ du centre de gravité, les ressorts, pour ne pas fléchir sous l'effort du moment N , devraient avoir une bande initiale au moins égale à :

1.702 kilogr. pour la vitesse de 3 tours ou 67 ^{km} ,86 à l'heure	
1.945 " 4 " 90 ,46 "	
2.128 " 5 " 113 ,00 "	

Les valeurs de N dépendent de la distance des cylindres au plan médian, de la pression maxima de la vapeur et de la disposition, ainsi que du poids, des pièces en mouvement relatif.

Ainsi, quand on augmente le timbre de la chaudière dans une locomotive à simple expansion, le moment N croît, et la stabilité de la machine diminue.

Si on dispose les pièces en mouvement relatif de façon à se rapprocher le plus possible de l'équilibre horizontal,

(*) Le moment N est rapporté au centimètre carré de surface du piston ; cette surface étant de 0^m²,1520, une ordonnée de 1 centimètre représente un moment égal à 1520.

le moment N est minimum. C'est ce qui a lieu dans le type de locomotive pris plus haut comme exemple, où l'équilibre horizontal est bien près d'être réalisé.

En revanche, on est loin de l'équilibre vertical. La perturbation verticale, F_v , qui agit sur les roues motrices a pour valeur, de chaque côté de la machine :

$$F_v = - 49,53 \frac{\omega^2}{g} \cos \alpha.$$

Son maximum est de :

1.795	kilogrammes	pour la vitesse de 3	tours
3.192,5	"	4	"
4.988,2	"	5	"

La pression de chaque roue sur le rail, au repos, est de 6.500 kilogrammes. En marche, cette pression diminue par suite des oscillations des ressorts, et, aux vitesses considérées, sur une voie en bon état formée de rails de 5^m,50, où on admet des dénivellations aux joints de 4 millimètres, la diminution de la tension des ressorts peut atteindre de 1.200 à 1.500 kilogrammes pour les essieux moteurs. Par conséquent, lorsque la perturbation verticale dépasse $6.500 - 1.500 = 5.000$ kilogrammes, la roue peut ne plus exercer aucune pression sur le rail et même être soulevée. *Cette circonstance, qui se produit à la vitesse de 113 kilomètres à l'heure, fixe une limite à la vitesse de marche.*

III. — Locomotives à cylindres intérieurs.

Quand les cylindres sont intérieurs, le bras de levier, des efforts exercés par la vapeur et, par suite, le moment N sont très réduits.

Supposons que, dans l'exemple numérique ci-dessus, les cylindres soient intérieurs. La distance de l'axe du

cylindre au plan médian peut se trouver comprise entre 0^m,30 et 0^m,32, c'est-à-dire être à peu près le tiers de la valeur qu'elle possède quand les cylindres sont extérieurs.

Admettons que le poids de la manivelle motrice soit triplé, et que la manivelle d'accouplement soit placée à 180° de la précédente. Il suffira de mettre un contrepoids de 28 kilogrammes sur chaque roue accouplée et de 41 kilogrammes (au lieu de 143) sur chaque roue motrice pour que les pièces en mouvement relatif donnent un moment nul par rapport à l'axe vertical du centre de gravité.

La perturbation verticale, F_v , sur chaque roue motrice aura pour valeur :

$$F_v = 37,25 \frac{\omega^2}{g} \cos \alpha,$$

et sera, par suite, bien moindre que dans le cas des cylindres extérieurs.

Enfin, le moment N se trouvant réduit de plus de moitié, la disposition des cylindres à l'intérieur des longerons paraît très avantageuse au point de vue de la stabilité. On verra plus loin, dans l'étude du mouvement de lacet, à quoi se réduit réellement cet avantage.

IV. — Locomotives compound à quatre cylindres.

Supposons que, dans une locomotive compound à quatre cylindres, les cylindres de grand diamètre soient à l'intérieur des longerons, et ceux de petit diamètre à l'extérieur. En calant à près de 180° les manivelles de chaque groupe de cylindres à haute et à basse pression), il est possible de réaliser en même temps l'équilibre vertical et l'équilibre horizontal des forces perturbatrices. Mais ce n'est pas là ce qui importe le plus. Il n'y a notamment qu'un mince avantage à réaliser l'équilibre horizontal; au contraire, il

y en a un très grand à annuler le moment des forces perturbatrices horizontales. Or, ce moment s'obtient en multipliant chaque force par sa distance au plan médian, distance qui est à peu près trois fois plus grande pour les pièces des cylindres à haute pression que pour les autres. On serait donc conduit à donner à ces dernières un poids exagéré.

Pour voir dans quelle mesure la question peut être pratiquement résolue, nous allons prendre un exemple avec les données suivantes :

Cylindre à basse pression (diamètre : 0,53 ; course : 0,64)

Poids

Piston, tige et crosse... 180 kil. ; distance au plan médian : 0,30.
 Bielle motrice..... 200 kil. ; longueur : 2^m,40
 Manivelle motrice du premier essieu moteur (coudé). Poids : 250 k..

Cylindre à haute pression (diamètre : 0,34 ; course : 0,64) :

Poids

Piston, tige et crosse... 120 kil. ; distance au plan médian : 0,95.
 Bielle motrice..... 150 kil. ; longueur : 3 mètres
 Manivelle motrice du deuxième essieu moteur. Poids : 50 kilogr..
 Manivelle d'accouplement du premier essieu moteur : 35 —
 Bielle d'accouplement : 160 kilogr. ; longueur : 3 mètres.

La force d'inertie F_a produite par les pièces en mouvement alternatif est :

$$F_a \text{ (HP)} = \left(Q + \frac{B}{2} \right) r \frac{\omega^2}{g} \cos \alpha = 66,30 \frac{\omega^2}{g} \cos \alpha,$$

$$F_a \text{ (BP)} = 89,60 \frac{\omega^2}{g} \cos (\varphi + \alpha).$$

Supposons que l'angle φ , que fait la manivelle du cylindre BP avec la manivelle du cylindre HP, soit égal à $\pi - 23^\circ$. Construisons la courbe des moments de la force que nous avons appelée plus haut $P_0 - t_1$, d'après le diagramme des pressions de la *fig. 7* (Pl. IV), la vitesse

étant de 4 tours par seconde. On obtient ainsi la courbe M_d pour le côté droit de la machine et la courbe M_g pour le côté gauche (*) (*fig.* 8, Pl. IV). Pour avoir le moment total, N , on sait qu'il faut ajouter à M_d et à M_g , ou en retrancher, suivant le cas, le moment N_r de la force centrifuge des pièces tournantes, et ce qu'on cherche, pour atténuer autant qu'il se peut le mouvement de lacet, c'est que N soit le plus petit possible.

Le problème ainsi nettement posé se résout par des tâtonnements faciles. Il faut faire en sorte que N_r soit de signe contraire à M_d et s'en rapproche en valeur absolue.

Or, le moment de la force centrifuge des pièces tournantes, pour le côté droit de la machine, et en supposant les roues sans contrepoids, a la valeur suivante :

$$N_r = 93,76 \cos \alpha + 25,2 \cos (\varphi + \alpha).$$

Le premier terme du second membre est presque constamment de même signe que M_d ; le second terme, φ étant voisin de 180° , est ordinairement de signe contraire ; mais, comme il est plus petit que le premier, N_r est au total de même signe que M_d . C'est le contraire qui devrait être. D'où résulte la nécessité de disposer des contrepoids sur les roues motrices.

Nous placerons un contrepoids de 140 kilogrammes sur chaque roue du second essieu moteur, à 180° de la manivelle motrice HP, et un contrepoids de 30 kilogrammes sur chaque roue du premier essieu, faisant un angle $\pi + 23^\circ$ avec la direction de la manivelle motrice HP, ou un angle de 46° avec la manivelle BP. Le moment N_r sera alors :

$$N_r = 8,76 \cos \alpha + 25,2 \cos (\alpha + \varphi) + 18 \cos (\alpha + \varphi + 46^\circ);$$

(*) Les moments sont rapportés au centimètre carré de section du cylindre à haute pression. Cette section étant de $0^m^2,0908$, il faut multiplier les ordonnées, comptées en centimètres, par 908 pour avoir les vraies valeurs des moments.

d'où se déduit la courbe N_r de la *fig.* 8 (Pl. IV). La différence des ordonnées des courbes M_d et N_r donne le moment total N_d pour le côté droit de la machine. En déplaçant toutes les courbes de $\frac{\pi}{2}$, j'obtiens le moment pour le côté gauche et, finalement, la résultante N pour l'ensemble.

Le moment maximum tend à faire tourner la machine de droite à gauche et est égal à 2.724. Il est près de la moitié de celui que nous avons constaté plus haut pour les machines à cylindres extérieurs, bien que la pression de marche soit de 14 kilogrammes au lieu de 10, et la puissance d'environ un tiers plus élevée.

Reste à voir si nous n'avons pas sacrifié l'équilibre vertical par l'application de nos contrepoids.

La composante de la perturbation verticale dans le plan de la roue est pour le premier essieu (essieu coudé) :

$$F_v = 39,9 \cos \alpha + 52 \cos (\alpha + \varphi) + 24 \cos (\alpha + \varphi + 46^\circ);$$

ce qui se réduirait à :

$$F_v = -36,1 \cos \alpha,$$

si la manivelle BP et les contrepoids du premier essieu étaient à 180° de la manivelle HP.

La perturbation est plus élevée pour le second essieu et égale à :

$$F'_v = -39 \cos \alpha.$$

Pour la vitesse de 6 tours par seconde, ou de $135^{km},7$ à l'heure avec des roues de 2 mètres, $F_r = 5.656$ kilogrammes.

Si donc la charge de l'essieu est de 14 tonnes, la vitesse limite pour laquelle l'adhérence des roues motrices peut disparaître complètement est d'environ 135 kilomètres à l'heure. L'équilibre vertical est, on le voit, satisfaisant.

**V. — Frottements des roues sur les rails
dans les mouvements latéraux d'une locomotive.**

Quand une machine repose sur la voie, son mouvement d'oscillation est tout autre que lorsqu'elle est librement suspendue, à cause des résistances qu'oppose la voie aux déplacements latéraux. Nous allons étudier ces résistances.

Nous admettrons qu'à l'état statique le centre de gravité de la locomotive se trouve dans le plan médian. Cette hypothèse n'est, d'ailleurs, pas absolument exacte pratiquement, quelque soin qu'on apporte au réglage d'une machine, car la répartition du poids sur les deux roues d'un essieu n'est pas égale, mais sujette à varier : 1° par suite de la différence d'usure des coussinets et des bandages ; 2° par suite de la modification au bout d'un temps plus ou moins long de la flexibilité des ressorts.

Le mouvement général de la locomotive se compose, comme nous l'avons vu plus haut, d'une translation du centre de gravité et d'une rotation autour d'un axe vertical passant par ce centre. Il s'agit d'abord de savoir en quoi consiste exactement le mouvement de translation.

Une locomotive progresse sur les rails par l'effet de la rotation des roues. Considérons le mouvement d'un essieu seul, qui est animé d'une vitesse de rotation constante ω , dont les roues n'ont pas de conicité et qui est placé sur la voie (*fig. 3*) de façon à faire un angle θ avec la normale à la voie, et de façon que le centre O se trouve à une distance ζ de l'axe de la voie, O_1y . Cet essieu progresse sur les rails comme un rouleau cylindrique reposant sur un plan, c'est-à-dire dans une direction OA normale à l'essieu et avec une vitesse ωr , r étant le rayon du cylindre. Cette vitesse a pour composantes : 1° sur l'axe O_1y , parallèle à la voie, $\omega r \cos \theta$; 2° sur l'axe O_1x , $\omega r \sin \theta$. Supposons maintenant qu'on applique à cet essieu des forces capables de

produire un mouvement de rotation autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité O , mais telles que la vitesse angulaire ω reste constante. Le déplacement de l'essieu, pendant un temps infiniment petit dt , se composera alors d'une translation, égale à $\omega r dt$, suivant la normale OA , et d'une rotation $d\theta$ autour de O . L'angle θ pourra varier, mais la translation élémentaire se fera toujours suivant la normale à l'essieu et aura à chaque instant pour composantes: $\omega r \cos \theta dt$ suivant Oy , et $\omega r \sin \theta dt$ suivant Ox .

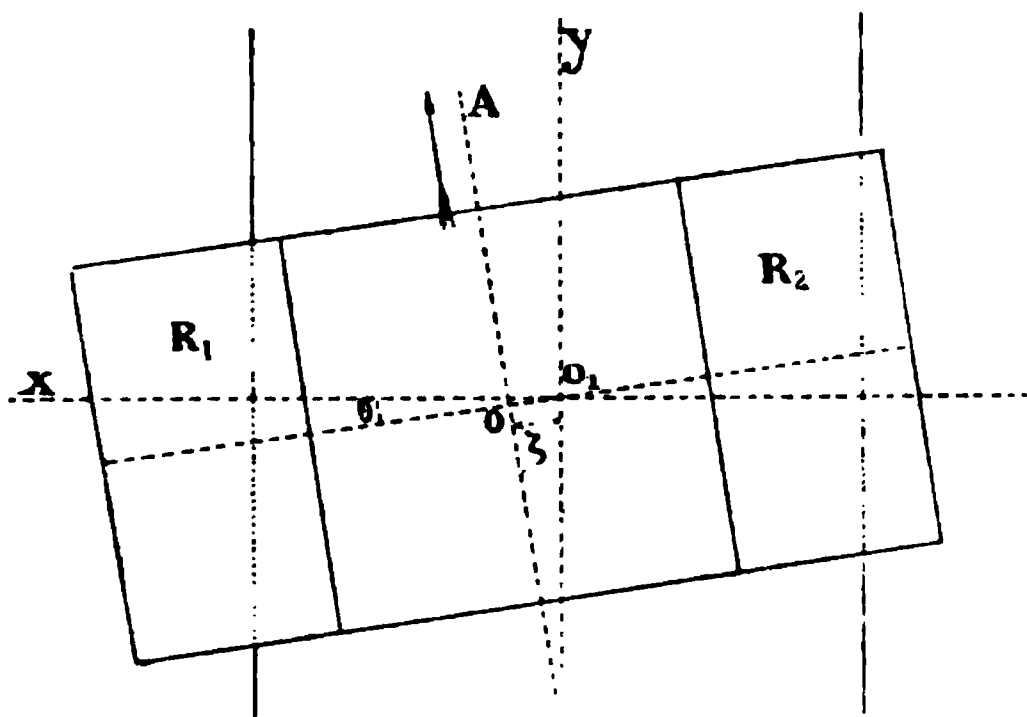


FIG. 3.

La translation dépend donc de θ , c'est-à-dire de la rotation.

Supposons maintenant les deux roues de l'essieu coniques; elles sont placées sur la voie dans la même position que dans la *fig. 3*, et on suppose d'abord qu'il n'y ait aucune force appliquée à l'essieu, celui-ci étant simplement animé d'une vitesse de rotation uniforme. Il y aura, comme plus haut, roulement parfait et translation élémentaire dirigée suivant la normale à l'essieu. Seulement l'angle θ variera à chaque instant, par le fait du roulement, parce que la roue R_1 roule sur un rayon plus grand, et la roue R_2 sur un rayon plus petit que le rayon moyen r .

Soient ζ la distance OO_1 ; γ la conicité, et $2e$ la largeur de la voie; le chemin parcouru par R_1 est :

$$\omega (r + \zeta\gamma) dt,$$

et par R_2 :

$$\omega (r - \zeta\gamma) dt.$$

La roue R_1 parcourt donc, en plus de la roue R_2 , un chemin :

$$2\omega\zeta\gamma dt,$$

et l'angle θ diminue de la quantité :

$$d\theta = \frac{\omega\gamma}{e} \zeta dt.$$

Ainsi l'effet de la conicité des bandages est de produire une rotation de l'essieu autour de son milieu, quand les roues roulent parfaitement.

S'il y a des forces appliquées à l'essieu tendant à le faire tourner autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité, mais sans modifier la vitesse de rotation ω , le mouvement de l'essieu sera constitué par une translation dans une direction normale, OA , et par une rotation autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité, laquelle sera la résultante de la rotation due à la conicité des bandages et de la rotation due aux forces appliquées.

Supposons maintenant qu'on ait, comme dans une locomotive, un certain nombre d'essieux solidaires et assujettis à rester parallèles. Ils seront animés d'un mouvement de translation qui sera constamment dirigé suivant la normale à leur direction commune et d'un mouvement de rotation autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité de l'ensemble. Si donc $V = \omega r$ est la vitesse de la locomotive, le centre de gravité se déplacera suivant l'axe de la voie avec une vitesse $V \cos \theta$ et suivant l'axe

perpendiculaire avec une vitesse $V \sin \theta$. L'angle θ étant toujours très petit, on peut prendre comme valeur de la première composante : $V (1 - \theta)$ ou simplement V , et comme valeur de la deuxième composante : $V\theta$.

Pour connaître les forces de frottement développées entre les roues et les rails par le mouvement de rotation, il suffit de connaître leur direction, c'est-à-dire celle du glissement élémentaire, car leurs valeurs sont égales au poids adhérent multiplié par le coefficient de frottement, qui n'est autre que le coefficient d'adhérence.

Soit (*fig. 4*) G le centre de gravité de la locomotive. Considérons une roue A faisant avec le rail un angle θ , lequel est égal à l'angle que fait l'axe GO de la locomotive avec l'axe de la voie. Supposons que la machine soit animée d'un mouvement de ro-

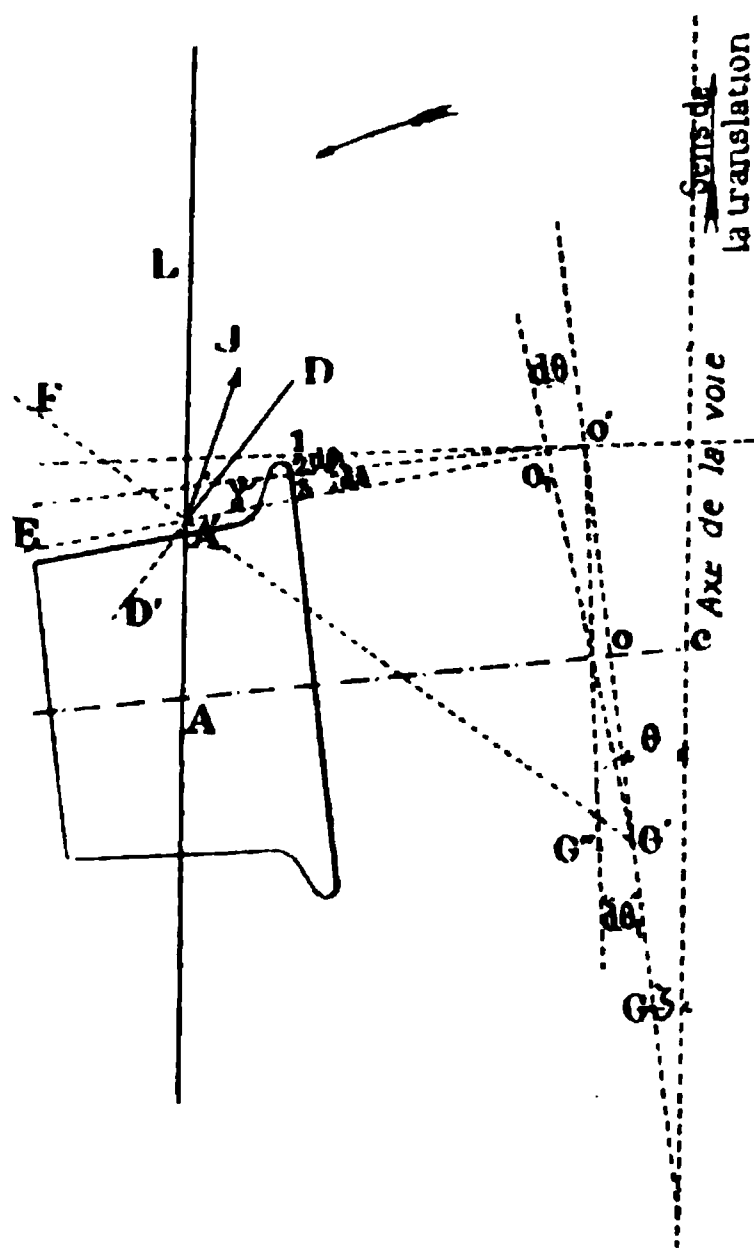


FIG. 4.

tation de droite à gauche, et que l'angle θ augmente de $d\theta$ dans le temps dt .

La translation élémentaire se fera suivant l'axe commun à tous les essieux : le centre de gravité G viendra en G' , et le centre O de l'essieu considéré en O' , au bout du temps dt . Mais, s'il n'y avait qu'un seul essieu, OA , et qu'il roulât parfaitement, pendant que son centre O viendrait en O' , son axe normal tournerait autour de ce centre d'un

certain angle $d\theta_1$:

$$d\theta_1 = \frac{\omega\Upsilon}{e} \times \overline{CO} \times dt,$$

de sorte que le point G, considéré comme un point de l'axe normal à l'essieu, viendrait, non en G', mais en G''. Le fait de la solidarité de plusieurs essieux parallèles empêche que G vienne en G''. Il doit donc se produire un glissement de l'essieu considéré, puisqu'il n'effectue pas réellement autour de son centre la rotation qui résulterait du roulement parfait.

La conclusion, c'est que, dans la translation d'un train d'essieux parallèles, aucun d'eux ne peut rouler parfaitement, à moins que l'axe de la locomotive ne coïncide avec l'axe de la voie.

Le glissement a pour effet de remettre l'axe de la position O'G'' dans la position O'G', ce qui fait passer l'essieu de la position 1, qu'il prendrait, s'il était seul, dans le roulement parfait, à la position 2. Il y a donc un glissement longitudinal en arrière égal à $ed\theta_1$; il n'y a pas de glissement transversal.

Si on appelle ζ la distance de G à l'axe de la voie et l la distance OG, le glissement, dû à ce que le roulement parfait ne se produit pas, a pour valeur :

$$ed\theta_1 = e \cdot \frac{\omega\Upsilon}{e} (\zeta + l\theta) dt = \omega\Upsilon (\zeta + l\theta) dt.$$

Si maintenant l'angle θ augmente de $d\theta$ par rotation autour de G, l'essieu passe de la position 2 à la position 3, et le point O' vient en O₁. Il y aura donc un glissement longitudinal égal à $ed\theta$ et un glissement transversal égal à $ld\theta$.

Les deux composantes du glissement élémentaire sont donc :

longitudinalement.....	$e (d\theta_1 + d\theta)$
latéralement.....	$ld\theta$.

La force de frottement J égale à fP (P , poids adhérent; f , coefficient de frottement) et directement opposée au glissement élémentaire fait avec l'essieu un angle μ , dont la tangente est :

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{e (d\theta + d\theta_1)}{ld\theta}.$$

La valeur de $\operatorname{tg} \mu$ est maxima lorsque $d\theta$ est très grand par rapport à $d\theta_1$ et est alors égale à $\frac{e}{l}$; d'où il s'ensuit que la force J est alors perpendiculaire à la droite joignant le point de contact A' de la roue avec le rail au centre de gravité.

Lorsque $d\theta = 0$, $\operatorname{tg} \mu = \infty$, $\mu = 90^\circ$ et la force J est dans la direction $A'L$ du rail.

Par conséquent, lorsque $d\theta$ est positif, c'est-à-dire lorsque θ augmente, la force de frottement de la roue A est comprise dans l'angle $DA'L$ (DA' normale à $A'G'$), et son moment par rapport à l'axe vertical passant par G' est compris entre fPd ($d = AG$) et fPe (e , demi-largeur de la voie). Ce moment est, dans tous les cas, opposé au mouvement de rotation tendant à augmenter θ .

Lorsque θ diminue et que $d\theta$ est négatif, deux cas peuvent se présenter, suivant que $d\theta_1$ est positif ou négatif, c'est-à-dire suivant que le centre de l'essieu se trouve d'un côté ou de l'autre de l'axe de la voie.

Supposons qu'on aille le cas de la *fig. 4*. La valeur de $\operatorname{tg} \mu$ est négative tant que $d\theta$ est plus petit que $d\theta_1$ en valeur absolue, et la force J se trouve dans l'angle $EA'L$. Lorsque $-d\theta = d\theta_1$, $\operatorname{tg} \mu = 0$, et la force a la direction $A'E$. Le moment de la force J est favorable à la rotation tant que J se trouve dans l'angle $LA'F$, et défavorable quand elle est dans l'angle $FA'E$. Enfin, lorsque $d\theta$ est très grand en valeur absolue, la force de frottement est dirigée suivant $A'D'$.

Supposons maintenant que $d\theta_1$ soit négatif, c'est-à-dire que la roue roule sur un rayon plus petit que le rayon moyen. La roue A_1 , opposée à A , doit, pour que l'essieu O conserve son parallélisme avec les autres essieux, glisser en avant d'une quantité $e d\theta_1$. Si, en même temps, l'angle θ augmente de $d\theta$ vers la gauche, il y a un nouveau glissement en avant, $e d\theta$, et un glissement vers l'intérieur, $l d\theta$. Par conséquent, l'angle μ_1 que fait la force de frottement J_1 avec l'essieu est :

$$\operatorname{tg} \mu_1 = - \frac{e (d\theta + d\theta_1)}{l d\theta}.$$

Cet angle μ_1 est égal et de signe contraire à l'angle μ , et les deux forces J et J_1 sont alternes par rapport à l'essieu.

Cette conséquence est toujours vraie, quelle que soit l'hypothèse sur la variation de θ .

Pour une position quelconque de la machine, nous connaissons donc toujours la direction des forces de frottements.

En appelant β l'angle $O'A'G'$, il est facile de voir que le moment de la force de frottement, J ou J_1 , par rapport à l'axe vertical passant par G , est :

$$M = f P d \sin (\beta + \mu).$$

Ce moment est nul lorsqu'on a :

$$\beta + \mu = \pi,$$

où :

$$\operatorname{tg} \mu = - \operatorname{tg} \beta,$$

ce qui donne, en remplaçant $\operatorname{tg} \mu$ et $\operatorname{tg} \beta$ par leurs valeurs :

$$\frac{e (d\theta + d\theta_1)}{l d\theta} = - \frac{l}{e}$$

d'où :

$$d\theta = - \frac{e^2}{d^2} d\theta_1.$$

Lorsque, θ diminuant, $\beta + \mu$ est plus grand que π , le moment M favorise le mouvement. Cela a lieu lorsqu'on a :

$$d\theta > -\frac{e^2}{d^2} d\theta_1.$$

Cette condition nous sera très précieuse plus loin pour déterminer le sens de l'action des forces de frottement.

Résistance due à la pesanteur. — Quand une roue se déplace latéralement sur la voie, elle monte ou elle descend à cause de la conicité du bandage, ce qui fait naître une force s'opposant au mouvement ou le favorisant.

Si on appelle P_1 la charge totale d'une roue, P_2 la charge de la roue opposée du même essieu, γ la conicité, l la distance de l'essieu au centre de gravité, il est facile de voir que le moment résistant, quand il y a rotation telle que la roue 1 monte, tandis que la roue 2 descend, est :

$$(P_1 - P_2) \gamma l.$$

Ce moment serait nul si les charges des roues étaient égales, ainsi que cela a lieu généralement à l'état statique. Mais, en marche, à cause de l'action des ressorts et de celle des pièces en mouvement relatif, les quantités P_1 et P_2 peuvent présenter une différence notable. Cependant, comme γ est faible ($\frac{1}{15}$ pour les machines, $\frac{1}{20}$ pour les wagons), le moment ci-dessus est ordinairement petit comparativement au moment des forces de frottement, et il peut être négligé.

CHAPITRE II.

MOUVEMENT DE LACET EN ALIGNEMENT ET EN COURBE.

VI. — Résolution de l'équation générale du mouvement de lacet.

Nous avons établi au § I l'équation du mouvement de rotation du bâti d'une locomotive. Si nous supposons qu'il n'y ait aucun jeu entre les essieux et le bâti, lorsque celui-ci se déplace, il entraîne les essieux à la condition de vaincre les forces de frottement qui se développent au contact des rails et des roues. Par conséquent, le mouvement de rotation de la locomotive tout entière dépend du moment M des forces de frottement et du moment N des efforts exercés par la vapeur sur les longerons. Il ne dépend que d'eux, si nous supposons qu'il n'y ait pas d'autres forces appliquées. Nous négligeons donc, pour le moment, les réactions du tender sur la machine, ce qui revient à admettre que la machine tire le train et que son attelage avec le tender est desserré.

Soit I le moment d'inertie de la locomotive par rapport à l'axe vertical passant par le centre de gravité. L'équation différentielle du mouvement de rotation est :

$$(1) \quad I \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M.$$

En outre, nous savons que le centre de gravité possède un mouvement de translation dirigé suivant l'axe de la locomotive, dont la position est, à chaque instant, variable. Donc, si V est la vitesse de marche, le centre de gravité

se déplace normalement à l'axe de la voie avec une vitesse V_0 .

La quantité N est une fonction du temps seulement. M est fonction de la charge des roues (qui, à cause des oscillations des ressorts, varie avec le temps), de l'angle θ et de sa dérivée $\frac{d\theta}{dt}$. En effet, la valeur de M pour une roue donnée peut s'écrire :

$$M_1 = fP_1 d_1 \sin(\beta + \mu) = fP_1 \frac{l^2 d\theta + e^2 (d\theta + d\theta_1)}{\sqrt{l^2 d\theta^2 + e^2 (d\theta + d\theta_1)^2}}.$$

C'est une fonction excessivement complexe, et il ne faut pas songer à trouver directement l'intégrale complète de l'équation (1).

Il est seulement possible de trouver la solution de cette équation par des procédés graphiques.

Nous démontrerons plus loin que le moment M reste sensiblement constant, pendant certains intervalles de temps. L'équation (1) pourra, dans cette hypothèse, s'intégrer par de simples quadratures, et on aura :

$$(2) \quad I \frac{d\theta}{dt} = I \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_0 + \int_0^t N dt + \int_0^t M dt.$$

$$(3) \quad I\theta = I\theta_0 + I \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_0 t + \int_0^t \int_0^t N dt^2 + \int_0^t \int_0^t M dt^2.$$

Quant au déplacement du centre de gravité normalement à l'axe de la voie, il se déduit de la relation :

$$\frac{d\xi}{dt} = V_0$$

d'où :

$$(4) \quad \xi = \xi_0 + \int_0^t V_0 dt.$$

Les trois équations (2), (3) et (4) permettront de construire

les valeurs de :

$$\frac{d\theta}{dt}, \quad \theta, \quad \zeta \quad \text{et} \quad \frac{d\theta_1}{dt} = \frac{\omega\gamma}{e} (\zeta + l\theta).$$

Si donc on parvient à connaître ces quantités en première approximation, il est possible d'en déduire une valeur approchée de M qui sera fonction du temps seulement.

Nous conviendrons de prendre pour origine du temps le moment où on a $\theta = 0$. Pour pouvoir résoudre le problème, il faut connaître quelles sont à ce moment les valeurs possibles de $I \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_0$ et de ζ_0 .

La valeur de ζ pour $t = 0$ est ordinairement très voisine du demi-jeu de la voie ϵ .

En effet, dans le mouvement de rotation, il arrive, comme nous le vérifierons plus loin, un moment où le boudin de la roue d'avant vient en contact avec le rail. S'il n'y a pas de plan incliné sur cette roue d'avant, permettant le déplacement du bâti indépendamment de celui de l'essieu, la machine se trouve arrêtée, l'angle θ ne peut plus augmenter, et la distance du centre de l'essieu d'avant à l'axe de la voie reste fixe, égale au demi-jeu de la voie ϵ . Cette distance a pour valeur :

$$\zeta + l\theta = \epsilon,$$

relation qui montre que :

1° Pour que ζ puisse continuer à croître, il faut que θ diminue ;

2° L'accroissement de ζ sera, tant qu'il y a contact, égal et de signe contraire à la variation $l d\theta$. La vitesse du centre de gravité sera donc $\frac{d\zeta}{dt} = - l \frac{d\theta}{dt}$, et le contact du boudin avec le rail subsistera tant que la vitesse ordinaire du centre de gravité sera plus grande que celle-ci,

c'est-à-dire tant qu'on aura :

$$V_0 > -l \frac{d\theta}{dt}.$$

A cause de la valeur élevée de V , cette inégalité subsiste tant que θ a une valeur notable, et le contact ne cesse que lorsque θ est petit.

On en conclut donc, eu égard à la relation $\zeta + l\theta = \epsilon$, que, lorsque θ est voisin de zéro, ζ est égal à ϵ .

Lorsque le premier essieu possède un jeu lui permettant de rester fixe, tandis que le bâti continue à se déplacer, le mouvement de rotation se poursuit ordinairement jusqu'à ce qu'il soit arrêté par le contact du deuxième essieu supposé sans jeu et placé en avant du centre de gravité. Le second essieu joue alors le même rôle que le premier, et le raisonnement fait ci-dessus relativement à la valeur de ζ pour $\theta = 0$ lui est applicable intégralement.

Quant à la valeur de $\frac{d\theta}{dt}$ pour $t = 0$, $\theta = 0$, elle peut être assez différente suivant le type de la locomotive, mais elle est toujours faible. Si cette vitesse est grande, on voit, d'après la valeur de $\tan \mu$ et du moment des forces de frottement, que, à mesure que $d\theta$ augmente, ce moment résistant augmente et se rapproche de son maximum, ΣfPd . Or, cette valeur maxima est toujours très supérieure au moment N provoquant la rotation. La vitesse ne peut donc dépasser une certaine limite correspondant à une valeur de M du même ordre de grandeur que N .

Supposons, d'autre part, que, pour $\theta = 0$, la vitesse de rotation soit nulle. La machine se trouve alors, tout entière, d'un côté de la voie, puisque son centre de gravité est à la distance ϵ de l'axe de la voie, et toutes les forces de frottement donnent un moment ΣfPe tendant à incliner l'avant de la machine vers l'intérieur de la voie.

Si le moment N est de même sens, la rotation commence

à s'effectuer avec une vitesse de rotation rapidement croissante. Mais, à mesure qu'elle croît, la valeur positive de M diminue, s'annule et change de signe ; M arrive ainsi à faire équilibre à N et, à partir de ce moment, la vitesse restera sensiblement constante tant que N sera lui-même constant.

Si le moment N est de sens contraire, la rotation ne s'effectuera pas tant qu'on aura $N > \Sigma fPe$. Elle commencera dès qu'on aura l'inégalité contraire, avec une vitesse croissante jusqu'à ce que, M diminuant, on ait $M = N$.

Quand on étudie le mouvement de rotation en première approximation, il est toujours suffisamment exact de supposer que, pendant la durée d'un tour de roue, N a deux valeurs constantes, l'une positive, l'autre négative. Si, en effet, on fait la quadrature de la courbe N (*fig. 5*, Pl. IV), en prenant pour origine le moment où N devient positif, on s'aperçoit que la courbe $N' = \int_0^t N dt$ (*fig. 9*, Pl. IV) se compose d'une branche ascendante et d'une branche descendante qui se confondent chacune, sensiblement, avec une droite. Ainsi, N pouvant être considéré comme constant, M doit l'être également et, comme pendant chaque intervalle de temps où N est constant la position angulaire et par suite $\frac{d\theta_1}{dt}$ n'ont pas le temps de varier beaucoup, la vitesse angulaire $\frac{d\theta}{dt}$ est elle-même constante.

Pour trouver rapidement cette vitesse, il faut construire des abaques donnant pour chaque essieu les valeurs de M en fonction de $\frac{d\theta_1}{dt}$ et de $\frac{d\theta}{dt}$. Dans ces abaques, les isoplèthes, c'est-à-dire les courbes ayant pour équation :

$$M = \varphi \left(\frac{d\theta_1}{dt}, \frac{d\theta}{dt} \right) = C^{te}$$

sont des lignes droites. En effet, le seul élément variable dans la valeur :

$$M = fPd \sin(\mu + \beta),$$

en admettant pour le moment que P reste constant, est l'angle μ qui a pour tangente:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{e}{l} \frac{d\theta_1 + d\theta}{d\theta}.$$

L'angle μ est donc constant et, par suite, M l'est également, lorsque le rapport $\frac{d\theta_1}{d\theta}$ l'est lui-même. En prenant pour coordonnées les valeurs de $\frac{d\theta_1}{dt}$ et de $\frac{d\theta}{dt}$, les courbes :

$$M = C^{\text{te}},$$

sont des droites passant par l'origine des coordonnées.

Cette remarque rend très facile la construction et la lecture des abaques. Connaissant les valeurs de $\frac{d\theta_1}{dt}$ pour chaque essieu, on trouve rapidement quelle est la valeur que doit avoir la vitesse de rotation pour que $M = N$.

On construit ainsi en première approximation les valeurs de $\frac{d\theta}{dt}$, θ et ζ . S'il y a intérêt à pousser plus loin les calculs, on se sert de ces dernières valeurs pour calculer M et on peut alors tenir compte de la variation de P due aux oscillations du poids suspendu sur les ressorts. Du reste, comme ces oscillations sont ordinairement très rapides, elles n'ont que peu d'influence sur le mouvement de rotation proprement dit ; mais elles en ont une très grande, comme nous le verrons plus tard, sur les circonstances qui accompagnent le contact des boudins des roues avec les rails.

En résumé, l'intégration graphique de l'équation (1) est toujours possible par approximations successives.

Cette analyse nous conduit à expliquer comment et dans quel sens peut prendre naissance le mouvement du lacet.

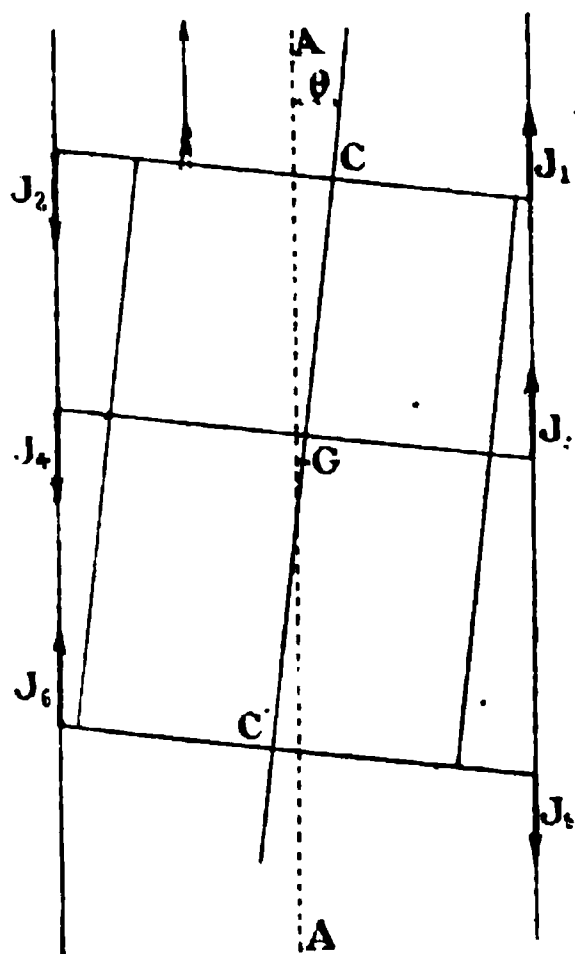


FIG. 5.

Considérons (*fig. 5*) une machine, à 3 essieux par exemple, placée sur la voie de façon que son axe CC' fasse avec l'axe de la voie un angle θ , si petit soit-il, et que les centres des deux essieux d'avant soient à droite, le centre de l'essieu d'arrière à gauche de l'axe de la voie.

Cette position, dans laquelle la machine fait un angle avec l'axe de la voie, est la plus probable, car, à cause des inégalités de la voie, des différences, accidentelles ou non, de

hauteur des deux files de rails, la position conaxiale de la locomotive sur la voie doit être considérée comme exceptionnelle.

Supposons donc que la machine occupe une position angulaire quelconque. Nous savons que les roues ne peuvent pas rouler parfaitement, en dehors de la position conaxiale, et qu'elles développent des forces de frottement à leur contact avec le rail. Si l'angle θ ne varie pas, ces forces : $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, J_6$, sont parallèles à la voie, et leur moment par rapport à l'axe vertical passant par le centre de gravité est ΣfPe .

Ce moment peut être positif, c'est-à-dire tendre à faire tourner de droite à gauche, auquel cas l'angle θ doit diminuer; ou négatif, auquel cas θ doit augmenter. Mais, à mesure que la vitesse de rotation dans un certain sens

augmente, le moment favorable diminue, et le moment défavorable augmente, ce qui tend à diminuer l'accroissement de cette vitesse. Celle-ci doit donc tendre vers une valeur limite.

Quand il y a un moment N des forces appliquées, le sens de la rotation est également déterminé. Le moment total, dans l'hypothèse où θ ne changerait pas, serait : $N + \Sigma fPe$. Suivant que cette somme est positive ou négative, la rotation a lieu dans un sens ou dans l'autre. Si elle est nulle pendant un certain temps, l'angle θ reste momentanément constant.

Sous l'influence seule des moments N et M , la position angulaire d'une machine ne pourrait varier que très lentement, parce que, dès que la vitesse s'accroît, le moment M est résistant et devient vite beaucoup plus grand que N . Mais ce qui fait qu'une locomotive se transporte d'une file de rails sur l'autre, en décrivant une sorte de sinusoïde allongée, c'est qu'elle est animée d'une vitesse $V\theta$ normale à la voie et que V acquiert dans la pratique des valeurs élevées. Dans ce déplacement latéral, il arrive donc que les boudins des roues d'avant rencontrent les rails et exercent sur eux des chocs et des réactions par suite desquels le sens du mouvement se trouve changé.

VII. — **Contact des mentonnets avec les rails.** **Chocs sur les rails.**

Le mouvement de rotation d'une locomotive à empattement rigide est limité par le jeu de la voie. Il faut donc connaître à quel moment le contact des mentonnets avec les rails se produit et les divers effets auxquels il donne naissance.

Si nous partons de la position $\theta = 0$, $\zeta = e$, à droite, la déviation commence vers la gauche, et l'angle θ que fait l'axe de la machine avec l'axe de la voie va en augmen-

tant, en même temps que diminue la distance ζ du centre de gravité à l'axe. Il arrive un moment où ζ devient nul et augmente ensuite de l'autre côté. Bien qu'à ce moment θ commence généralement à diminuer, cette diminution n'est pas assez rapide pour compenser l'augmentation de ζ , pour peu que la vitesse de marche V soit un peu grande; toute la machine se trouve donc portée sur la gauche, et le boudin de la roue gauche d'avant vient, à un moment donné, en contact avec le rail. La quantité dont l'essieu d'avant s'est déplacé par rapport à sa position moyenne, pour laquelle son centre coïncide avec l'axe de la voie et les boudins sont à une distance des rails égale au demi-jeu de la voie ϵ , est :

$$\zeta + l_1\theta.$$

Il y a contact avec le rail lorsque $\zeta + l_1\theta = \epsilon$.

D'après les courbes donnant ζ et θ , on reconnaît facilement à quel moment cette condition est remplie.

Le contact avec le rail a pour effet d'arrêter brusquement le mouvement de la machine. Il se produit donc un choc.

Avant le contact, la machine est animée: 1° d'une vitesse de rotation positive ou négative; 2° d'une vitesse de translation latérale $V\theta$ toujours positive. Après le choc, la vitesse de translation latérale n'est plus $V\theta$, mais $l_1 \frac{d\theta}{dt}$, $\frac{d\theta}{dt}$ étant une nouvelle vitesse de rotation qu'il s'agit de déterminer.

Si la voie est parfaitement élastique, le choc a pour premier effet de changer de signe la vitesse de rotation, au cas où celle-ci est auparavant positive. On connaît donc après le choc la vitesse θ' , due à la rotation.

En second lieu, la vitesse de translation latérale diminue de la quantité $V\theta - l_1 \frac{d\theta}{dt}$, par suite du choc s'exerçant à la distance l_1 du centre de gravité. En vertu d'un principe

de mécanique, ce choc a pour effet de provoquer un accroissement de vitesse angulaire et, par suite, de la quantité de mouvement, accroissement dont le moment est égal au moment de l'impulsion de la percussion. Soit θ' , cet accroissement de vitesse angulaire. Le moment de l'accroissement de la quantité de mouvement est: $I\theta'$, et il est égal au moment de l'impulsion de la percussion. Cette impulsion est elle-même égale à la quantité de mouvement perdue, c'est-à-dire à: $\frac{\Pi}{g} \left(V\theta - l_1 \frac{d\theta}{dt} \right)$, Π étant le poids total de la machine. Or, la vitesse angulaire après le choc, $\frac{d\theta}{dt}$, est égale à $\theta'_r + \theta'_i$. Le moment de l'impulsion de la percussion est donc :

$$l_1 \frac{\Pi}{g} [V\theta - l_1 (\theta'_r + \theta'_i)],$$

et on a :

$$I\theta'_i = l_1 \frac{\Pi}{g} [V\theta - l_1 (\theta'_r + \theta'_i)]$$

d'où on tire l'inconnue θ'_i .

Si la voie n'est pas parfaitement élastique et qu'elle se déforme plus ou moins sous l'action de la percussion, la vitesse de rotation, après le choc, est moindre que celle calculée ci-dessus. A la limite, toute la force vive latérale que possède la machine peut être transformée en un travail de désagrégation de la voie, et, dans ce cas, la vitesse de rotation due au choc est nulle. L'impulsion de la percussion que subit la voie est alors maxima, et, si $\theta'_r = 0$, elle est égale à $\frac{\Pi}{g} V\theta$, c'est-à-dire proportionnelle au poids de la machine, à la vitesse et à l'obliquité que la locomotive prend sur la voie. Cette percussion, *qui acquiert des valeurs très considérables*, tend à provoquer la déformation permanente, la rupture, le déversement des rails, l'arrachement des attaches, le ripement

de la voie. Une voie en bon état doit être capable de résister, sans déformation, à la percussion ci-dessus.

VIII. — Équation du mouvement pendant le contact des mentonnets avec les rails.

Le mouvement de rotation est forcément renversé après le choc sur le rail, s'il ne l'est déjà, et θ ne peut que diminuer ; ζ continue d'augmenter en satisfaisant à la relation : $\zeta + l\theta = \varepsilon$; d'où : $\frac{d\zeta}{dt} = -l \frac{d\theta}{dt}$. Lorsque la machine est libre, $\frac{d\zeta}{dt} = V\theta$. Trois cas peuvent donc se présenter, puisque $V\theta$ peut se trouver inférieur, égal ou supérieur à $-l \frac{d\theta}{dt}$.

Si $V\theta < -l \frac{d\theta}{dt}$, l'essieu d'avant s'éloigne du rail plus vite que le centre de gravité de la machine ne s'en rapproche, et le contact du boudin avec le rail cesse immédiatement après le choc. Le mouvement de la machine continue alors à s'effectuer librement en sens inverse.

Si $V\theta = -l \frac{d\theta}{dt}$, le contact avec le rail dure pendant un certain temps, mais le rail n'exerce aucune réaction sur le boudin. Cette égalité donne la loi de variation de θ et, en intégrant, on trouve :

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{V}{l} t}.$$

Enfin, lorsque $V\theta > -l \frac{d\theta}{dt}$, le mouvement de la machine n'est plus libre, et le rail exerce sur le boudin de la roue en contact une réaction qui a pour effet de réduire la vitesse de translation latérale de la machine. Nous

devons tenir compte de cette réaction, si nous voulons continuer à considérer le mouvement de notre machine comme étant la résultante d'une translation latérale du centre de gravité et d'une rotation autour de l'axe passant par ce centre.

Mais nous pouvons aussi envisager le mouvement d'une autre façon, comme étant simplement une rotation, sans translation latérale, autour du centre de l'essieu d'avant, dont les boudins des roues sont en contact avec les rails, centre qui, par conséquent, reste fixe. Les forces appliquées seront, comme précédemment, celle agissant sur les longerons, dont le moment est N , et les forces de frottement, dont la direction est, d'ailleurs, modifiée, comme nous le verrons plus loin, et dont le moment est M_1 ; d'ailleurs, il n'y a pas lieu de tenir compte de la force d'inertie d'entraînement longitudinal, l'angle θ étant toujours très petit.

Ainsi, I_1 étant le moment d'inertie de la locomotive par rapport à l'axe vertical passant par le centre de l'essieu d'avant, l'équation du mouvement de rotation sera :

$$(1 \text{ bis}) \quad I_1 \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M_1.$$

On sait, d'ailleurs, que le moment d'inertie I_1 est égal au moment d'inertie I par rapport à l'axe vertical du centre de gravité augmenté du produit de la masse $\frac{\Pi}{g}$ de la machine par le carré de la distance, l , du centre de gravité au centre de l'essieu d'avant ; donc :

$$I_1 = I + \frac{\Pi}{g} l^2.$$

L'équation (1 bis) est applicable tant que la condition

$$v\theta > -l \frac{d\theta}{dt}$$

se trouve vérifiée.

Voyons maintenant quelles sont les forces de frottement. Elles n'ont plus les mêmes directions que précédemment, parce que la translation latérale de la machine n'est plus libre.

Pour rendre leur étude plus claire, considérons de nouveau le cas élémentaire d'un rouleau se déplaçant sur un plan. Ce rouleau est supposé animé d'une vitesse de rotation uniforme ; il s'avance donc sur le plan par roulement simple dans un sens normal à son axe.

Supposons que, en se déplaçant, ce rouleau vienne rencontrer une saillie en ligne droite, AB, faisant un angle θ avec la direction suivie par le rouleau. Celui-ci continuera évidemment à avancer, non plus normalement à son axe, mais dans la direction AB. Il ne roulera plus parfaitement ; il glissera dans la direction normale à AB, et la saillie exercera sur lui une réaction précisément égale à la force de frottement développée par ce glissement.

Le cas d'une locomotive se déplaçant sur les rails est exactement le même, si on ne considère que les déplacements élémentaires. Quand le boudin d'une des roues d'avant est en contact avec le rail, la machine, au lieu de se déplacer normalement à la voie d'une quantité $V\theta dt$, comme elle le ferait si elle était libre, ne se déplace que d'une quantité : $-l \frac{d\theta}{dt} dt$. Il y a donc un glissement normal à la voie de toute la machine, et sa valeur est :

$$\left(v\theta + l \frac{d\theta}{dt} \right) dt.$$

D'autre part, le mouvement de rotation autour du centre de gravité engendre des glissements dont nous avons établi plus haut la valeur et qui sont :

latéralement.....	$-ld\theta$.
longitudinalement.....	$e(d\theta_1 - d\theta)$.

Le glissement élémentaire qui donne la direction de la force de frottement est la résultante de ces trois glissements, et l'angle i que fait cette force avec la direction de l'essieu a pour tangente :

$$\operatorname{tg} i = \frac{e (d\theta_1 - d\theta)}{-l d\theta + \left(V\theta + l \frac{d\theta}{dt} \right) dt} = \frac{e (d\theta_1 - d\theta)}{V\theta dt}.$$

Il est, d'ailleurs, facile de voir que les forces de frottement des deux roues d'un même essieu sont, comme avant, alternes par rapport à la direction de l'essieu, c'est-à-dire donnent une résultante parallèle à l'essieu.

Le dénominateur $V\theta$ a une valeur beaucoup plus grande que le numérateur, sauf vers la fin du contact, car alors il tend rapidement vers : $-l \frac{d\theta}{dt} dt$. Par conséquent,

pendant la plus grande partie de la durée du contact, l'angle i est très petit, et la direction de la force de frottement se confond sensiblement avec celle de l'essieu.

Il en résulte que, dans une machine à empattement rigide total :

1° Le moment M des forces de frottement, par rapport au centre de gravité, est nul, puisque : $M = \Sigma fPl$ et que $\Sigma Pl = 0$;

2° La résultante F des forces de frottement, toutes parallèles et de même sens, est égale à leur somme et a pour valeur le poids total de la machine multiplié par le coefficient de frottement, soit $f\Pi$;

3° Le moment M_1 des forces de frottement par rapport au centre du premier essieu est égal à la somme du moment des forces de frottement par rapport au centre de gravité et du moment de la résultante par rapport au centre du premier essieu. On a ainsi : $M_1 = M + lF$.

IX. — Réaction des mentonnets sur les rails.

Cherchons maintenant quelle est la réaction X qu'exerce le rail sur le boudin en contact.

En vertu du principe de d'Alembert, il y a équilibre entre la force de liaison X , les forces appliquées et les forces d'inertie. Pour connaître la valeur de X , il nous suffit d'écrire que la somme de la projection des forces sur un axe normal à la voie est nulle.

Ces forces se réduisent, en dehors de la réaction X , aux forces de frottement dont la résultante, normale à la voie, est F et aux forces d'inertie, dont la projection sur l'axe normal à la voie est, comme il est facile de le voir, égale à : $-\frac{\Pi}{g} l \frac{d^2\theta}{dt^2}$.

On a donc :

$$(5) \quad X = F - \frac{\Pi}{g} l \frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

On peut aussi déduire cette relation de l'équation (1 bis), qui peut s'écrire, en remplaçant I_1 par $I + \frac{\Pi}{g} l^2$ et M_1 par $M + lF$:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M + lF - \frac{\Pi}{g} l^2 \frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

Or, l'équation du mouvement relatif de rotation par rapport à l'axe vertical passant par le centre de gravité est :

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M + lX.$$

En identifiant ces deux équations, on en déduit la relation (5).

On connaît donc la composante horizontale X de la réaction du mentonnet sur le rail. Cette réaction joue un rôle

considérable au point de vue de la tendance au déraillement, et il importe beaucoup d'en connaître le maximum.

Considérons une machine à empattement rigide total.

Remplaçons dans (5) $\frac{d^2\theta}{dt^2}$ par sa valeur tirée de (1 bis).

Il vient :

$$X = F \frac{l}{l_1} - \frac{\Pi}{g} \frac{l}{l_1} (N + M).$$

Comme nous l'avons vu plus haut, la valeur F est sensiblement égale au poids de la machine multiplié par le coefficient d'adhérence, et la valeur de M est sensiblement nulle.

Par suite, si on suppose que N ait une valeur négative, c'est-à-dire tende à appliquer le boudin contre le rail et si on remplace, dans la valeur de X , N par $-N$, la valeur maxima de X sera donnée par l'équation suivante, où les deux termes sont positifs :

$$X = f\Pi \frac{l}{l_1} + \frac{\Pi}{g} \frac{l}{l_1} N.$$

ou bien :

$$X = f\Pi \frac{l}{l_1} + \frac{1}{l_1} \left(1 - \frac{l}{l_1}\right) N.$$

On peut trouver la valeur de l_1 pour laquelle X est maximum, toutes les autres quantités restant constantes. Il suffit d'égaliser à zéro la dérivée du second membre par rapport à l_1 , ce qui conduit à une équation du second degré, dont une seule racine convient à la question. Du reste, le premier terme de X étant d'ordinaire plus grand que le second, il est visible que X diminue quand le rapport $\frac{l}{l_1}$ diminue, c'est-à-dire quand l'empattement rigide augmente.

La valeur de X croît, comme on le voit, avec N , et c'est dans cette intervention de N que consiste l'influence principale qu'exerce sur la stabilité le mode d'emploi et

d'action de la vapeur. N acquiert des valeurs importantes, surtout dans les locomotives à cylindres extérieurs et dépend essentiellement du timbre des chaudières. Or, la tendance générale, pour augmenter la puissance des machines et aussi leur rendement, est d'augmenter ce timbre; on diminue du même coup la stabilité. Pour la conserver bonne dans les locomotives à cylindres extérieurs, il faut forcément limiter le timbre des chaudières, et l'emploi des hautes pressions n'est pratiquement réalisable, au seul point de vue de la stabilité (car d'autres raisons militent également en faveur de cette thèse), qu'avec des locomotives à cylindres intérieurs ou, mieux, des locomotives compound, ou encore des locomotives à bogie, car nous verrons plus loin que les bogies atténuent et même parviennent à supprimer les réactions exercées sur la voie; dans ces dernières machines, les cylindres peuvent alors être extérieurs.

La présence de Π , poids de la machine, dans l'expression de X , comme aussi dans celle qui donne la valeur du choc au moment du contact (§ VII), montre combien est désastreuse l'augmentation du poids des machines à grande vitesse, l'action désorganisatrice exercée sur la voie étant proportionnelle à Π .

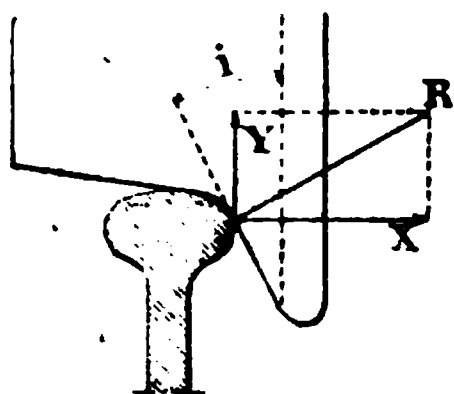


FIG. 6.

Il est à remarquer que X n'est que la projection horizontale de la réaction du boudin sur le rail. Un boudin de profil normal présente ordinairement une inclinaison de $\frac{1}{5}^\circ$ par rapport à la verticale. Il est probable que la réaction R du

boudin sur le rail (*fig.* 6) s'exerce normalement aux surfaces en contact, d'où il résulte que :

$$R = \frac{X}{\cos i},$$

et qu'il y a une composante verticale Y , dont la valeur est :

$$Y = X \operatorname{tg} i = \frac{1}{5} X.$$

En outre, pour que la roue puisse tourner, le boudin frottant sur le rail, elle doit vaincre une force de frottement, $f'R$, dont la composante verticale est :

$$Y_1 = f'R \cos i = f'X.$$

Ainsi le contact du boudin avec le rail produit une réaction verticale, $Y + Y_1$, tendant à soulever la roue, et dont la valeur est :

$$Y + Y_1 = X (f' + \operatorname{tg} i).$$

La valeur de X est d'autant plus grande que le coefficient d'adhérence, f , est plus grand et la valeur de $Y + Y_1$ augmente quand f' , coefficient de frottement du boudin sur le rail, augmente. Ordinairement les deux coefficients f et f' sont les mêmes; il n'en est plus ainsi lorsque les boudins des roues sont graissés, ce qui a lieu parfois; f' est alors beaucoup plus petit que f , et la force $Y + Y_1$ est notablement diminuée.

Lorsque la valeur de $Y + Y_1$ est plus grande que le poids de la roue et de sa charge (mesurée par la tension du ressort), $P + p$, la roue se met à monter sur le rail et peut dérailler. Mais il faut un certain temps pour que la jante du boudin vienne affleurer au niveau supérieur du rail, et le déraillement n'a réellement lieu que si, pendant cette durée de l'ascension du boudin, on a $Y + Y_1 > P + p$.

Ainsi, pour que le déraillement puisse se produire, il faut deux conditions principales :

1° Qu'il y ait coïncidence entre le moment où le boudin de la roue entre en contact avec le rail, en produi-

sant la réaction $Y + Y_1$ et le moment où la charge totale de la roue $P + p$ est plus petite que $Y + Y_1$;

2° Que l'inégalité $P + p < Y + Y_1$ subsiste un temps suffisant pour que le boudin ait le temps de monter sur le rail.

C'est cette dernière condition qui doit se produire le plus rarement, car $Y + Y_1$ diminue très vite, et $P + p$ augmente très vite également, d'autant plus vite que, à mesure que la roue s'élève, le ressort se comprime, et P augmente de ce seul fait, indépendamment de l'action du poids suspendu. Mais elle peut être facilitée par des causes étrangères, par exemple par une dénivellation brusque de la voie, car, lorsqu'une roue tombe, même d'une hauteur excessivement faible, elle cesse d'adhérer au rail sur une certaine longueur, d'autant plus appréciable que la vitesse est plus grande.

Quant à la possibilité d'avoir $Y + Y_1 > P + p$, elle est certaine, tout au moins pour un grand nombre de types de locomotives, qu'il n'est pas dans notre intention d'énumérer ici. Avec une bonne adhérence, $f = f' = \frac{1}{5}$, la valeur X peut atteindre 7.000 à 8.000 kilogrammes (quelquefois davantage), et la valeur $Y + Y_1$, 2.500 à 3.000 kilogrammes. Or, la charge totale $P + p$ peut, comme nous l'avons vu dans notre mémoire sur les oscillations des ressorts, se réduire à p , poids propre de la roue, variant de 1.000 à 1.500 kilogrammes.

Il résulte de ce qui précède que c'est lorsque l'adhérence est bonne qu'il y a le plus de tendance au déraillement. Cette tendance est fort diminuée par le graissage des boudins, ce qui a pour effet d'abaisser le coefficient f' .

Ce que nous venons de dire s'applique principalement aux machines dont l'empattement rigide comprend tous les essieux. Lorsque l'essieu d'avant présente un jeu par rapport au bâti, la façon dont il se comporte varie avec

la nature de ce jeu. Nous allons étudier cette question dans le paragraphe suivant.

X. — Influence des jeux des essieux.

Ordinairement, les essieux d'une locomotive restent toujours parallèles, mais il y a des jeux qui permettent un certain déplacement transversal. Dans les machines à voyageurs à deux essieux couplés, les essieux moteurs n'ont aucun jeu; les essieux porteurs en possèdent toujours et sont munis, d'habitude, de plans inclinés. Dans les machines à trois essieux, tous moteurs, l'essieu d'avant est souvent muni de plans inclinés. Les divers jeux sont, en résumé, les suivants :

Jeux des fusées dans les coussinets, toujours très faibles, 2 à 3 millimètres, quand il y des plans inclinés; quand il n'y en a pas, ils peuvent atteindre 5 à 6 millimètres;

Jeu des plans inclinés, dont l'inclinaison est de $\frac{1}{10^\circ}$ ou de $\frac{1}{15^\circ}$. Il peut atteindre de 15 à 20 millimètres de chaque côté et permet, par suite, un déplacement relativement considérable du centre de l'essieu par rapport à l'axe de la locomotive. Les surfaces frottantes sont graissées et nous admettrons que le coefficient de frottement, le même que celui des coussinets sur les fusées, est d'environ $\frac{1}{20^\circ}$.

Lorsque le bâti d'une locomotive prend un mouvement de rotation autour de son centre de gravité propre, il peut se faire, si un essieu a du jeu, que le bâti n'entraîne pas cet essieu dans son mouvement. Cela arrivera si la résistance à vaincre pour déplacer l'essieu est plus grande que la résistance à vaincre pour déplacer le bâti sur l'essieu. Il faut donc comparer ces deux résistances.

La première a pour valeur, comme nous l'avons vu plus haut, le produit de la charge totale de l'essieu, y compris son poids propre, $P_1 + P_2$, par le coefficient d'adhérence f , et son moment maximum par rapport à l'axe vertical du centre de gravité est : $f(P_1 + P_2)d$, d étant la distance du point de contact de la roue à la projection du centre de gravité de la locomotive sur le plan de la voie.

La résistance à vaincre pour faire jouer le plan incliné comprend la force nécessaire pour soulever le bâti d'une certaine quantité et la force de frottement. Soient P'_1 , P'_2 , les charges qui portent sur chacun des plans inclinés. L'inclinaison de ceux-ci étant supposée de $\frac{1}{10}^\circ$, pour faire monter le poids $P'_1 + P'_2$ sur les plans, il faut exercer horizontalement un effort égal à : $\frac{1}{10}(P'_1 + P'_2)$.

Quant à la force de frottement, elle est égale à $f'(P'_1 + P'_2)$, f' étant le coefficient de frottement. La résistance totale est donc :

$$\left(\frac{1}{10} + f'\right)(P'_1 + P'_2),$$

et son moment, par rapport à l'axe vertical du centre de gravité de la locomotive moins l'essieu d'avant, situé à la distance l_1 , est :

$$l_1 \left(\frac{1}{10} + f'\right)(P'_1 + P'_2).$$

Ce n'est pas tout. Si le bâti n'entraîne pas l'essieu dans le sens normal à la voie, il n'en modifie pas moins sa position angulaire, puisque tous les essieux restent constamment parallèles, ce qui produit un déplacement des roues dans le sens longitudinal et, par suite, un glissement, si ce déplacement est de direction opposée à celui qui correspond au roulement parfait ou si, étant de même sens, il

ne lui est pas rigoureusement égal. On ne peut, d'ailleurs, procéder à cette comparaison que, *a posteriori*, en faisant la construction de θ . Ordinairement il y a un glissement produisant une force opposée au mouvement, qui s'ajoute à la résistance propre du plan incliné. Cette force, dirigée suivant le rail, a pour valeur : $f (P_1 + P_2)$ et pour moment : $f (P_1 + P_2) e$.

Par conséquent, le fonctionnement du plan incliné produit un moment résistant total M'_1 :

$$M'_1 = \left(\frac{1}{10} + f' \right) (P'_1 + P'_2) \pm f (P_1 + P_2) e.$$

Ce moment peut être plus grand ou plus petit que le moment $f (P_1 + P_2) d_1$, maximum du moment M des forces de frottement des roues sur les rails. Il n'en diffère ordinairement pas beaucoup, et deux cas peuvent alors se présenter.

Premier cas. — Supposons d'abord que, à partir de la position $\theta = 0$, l'axe de la machine s'infléchissant vers l'intérieur de la voie, le plan incliné ne fonctionne pas, sa résistance étant plus grande que le frottement des roues. Le mouvement de rotation s'effectue, suivant le cas général traité plus haut, jusqu'à ce que se produise le contact du boudin de la roue d'avant avec le rail opposé. A ce moment, l'essieu d'avant s'arrête brusquement dans son mouvement, mais le mouvement latéral de la locomotive continue dans le même sens, parce que le plan incliné se met à fonctionner et, pour le déterminer, il suffit de substituer, dans l'équation générale, au moment M_1 , le moment M'_1 .

Il y a continuité de mouvement et le choc de l'essieu d'avant sur le rail est relativement faible, puisqu'il ne dépend que de la masse de cet essieu. La réaction du

boudin sur le rail est d'ailleurs égale à :

$$\left(\frac{1}{10} + f'\right)(P'_1 + P'_2).$$

Le mouvement ultérieur, qui s'effectue autour d'un nouveau centre de gravité et dépend d'un nouveau moment d'inertie, d'ailleurs peu différents l'un et l'autre des premiers, présente des circonstances diverses suivant le type de la locomotive.

Si le plan incliné joue jusqu'à la limite de son jeu, avant que la roue du deuxième essieu soit venue au contact du rail, le mouvement continue comme si le premier essieu faisait partie de l'empattement rigide, et on rentre absolument dans le cas traité dans les paragraphes précédents. On peut dire qu'alors le plan incliné ne remplit pas son rôle.

Il n'en est pas ainsi ordinairement, pourvu que le plan incliné ait une pente et un déplacement convenables. Dans ce cas, le boudin de la roue du second essieu (supposé en avant du centre de gravité) vient en contact avec le rail avant que le plan incliné ait épuisé son jeu et, du fait de ce contact, le mouvement se trouve renversé. Les circonstances qui se produisent alors, en ce qui concerne le second essieu, sont entièrement analogues à celles déjà étudiées pour le premier essieu. Mais la réaction X sur le rail est beaucoup moins grande que lorsque le contact s'effectue par les boudins des roues d'avant seulement, parce que la réaction du plan incliné vient en déduction des forces de frottement F .

Enfin, il peut se faire que le mouvement de rotation change naturellement de sens avant que le plan incliné n'ait épuisé son jeu et sans qu'il y ait contact des boudins du second essieu avec les rails. Dans ce cas, il n'y a ni chocs sur les rails, ni réactions, si ce n'est celles, toujours assez faibles, provenant des plans inclinés et s'exerçant

entre les boudins d'avant et les rails. On se trouve alors dans les meilleures conditions possibles de stabilité. Ce cas se présente dans certaines machines à bogie ; nous l'étudierons plus loin.

Deuxième cas. — Supposons maintenant que, à partir de la position $\theta = 0$, le plan incliné fonctionne. Le mouvement s'étudiera, comme dans le cas général, en introduisant le moment M' , à la place du moment M . L'essieu d'avant ne commencera à être entraîné dans le mouvement du bâti que lorsque le jeu du plan incliné sera épuisé, et le mouvement continuera ensuite comme si l'essieu d'avant était compris dans l'empattement rigide. Le jeu produit par le plan incliné n'offre donc alors aucune efficacité au point de vue du mouvement de lacet et des réactions sur la voie qui en résultent.

C'est dans cette deuxième hypothèse que rentre le cas des machines non munies de plans inclinés, mais où un certain déplacement de l'essieu d'avant par rapport au bâti est permis par un jeu entre les fusées et les coussinets. Alors, en effet, la résistance à vaincre pour déplacer le bâti sur l'essieu est toujours moindre que la force provenant du frottement des roues sur les rails. Ce système de jeu, peut-être suffisant pour la circulation dans les courbes, ne présente aucune espèce d'efficacité au point de vue du mouvement de lacet ; il est plutôt nuisible, au contraire, puisque la déviation θ de la machine prend plus d'amplitude.

En résumé, l'étude du mouvement de lacet, en tenant compte du jeu des plans inclinés et des autres jeux, s'il en existe qui aient une valeur appréciable, n'exige pas des procédés autres que ceux que nous avons fait déjà connaître.

XI. — **Machines munies d'essieux convergents ou de bogies.**

Pour faciliter l'inscription des locomotives dans les courbes, on a depuis longtemps songé à munir les essieux porteurs d'appareils leur permettant de prendre une position radiale et, par suite, de cesser d'être parallèles aux essieux moteurs. Les bogies ou avant-trains à deux essieux sont également destinés à remplir ce but, mais ils présentent en plus d'autres avantages. Ils se plient mieux que les essieux rigides aux déformations de la voie, ils diminuent les oscillations du bâti sur les ressorts, enfin, et surtout, comme nous le démontrerons plus loin, ils atténuent et même suppriment les réactions que les machines font supporter à la voie par suite de leur mouvement de lacet.

Nous nous occuperons principalement des bogies, en considérant les essieux convergents uniques comme des cas particuliers des bogies.

Le bogie est un avant-train articulé autour d'un pivot central. Plusieurs types de bogie sont en usage. Dans tous, le bogie peut prendre un mouvement de rotation autour du pivot ; dans quelques-uns, tels que les bogies américains, ceux des Compagnies de Lyon et de l'Ouest, le pivot et, par suite, le bâti de la machine peuvent, en outre, se déplacer transversalement par rapport au bogie. Dans tous les cas, l'axe longitudinal du bogie est toujours ramené sur l'axe de la machine par des dispositifs de rappel soit longitudinaux, soit latéraux. La mobilité relative du bogie est, en effet, une chose très précieuse, mais il faut redouter de l'exagérer, parce que la tendance au chauffage des fusées et des autres parties frottantes s'en trouve augmentée.

Nous allons étudier le mouvement de lacet des machines à bogie et, d'abord, les forces de frottement qui se développent au contact des roues et des rails.

Comme on l'a vu plus haut, quand on considère un essieu O , celui d'avant par exemple, d'une machine à empattement rigide (*fig. 7*), cet essieu est sollicité par des forces de frottement J_1, J'_1 , qui, si l'essieu est maintenant supposé mobile autour de son centre O , donnent un certain moment de rotation, M'_1 , tendant à faire tourner l'essieu autour de O . Quand cette rotation peut avoir lieu effectivement, il y a toujours un dispositif de rappel qui la contrarie et qui donne un moment de rotation L_1 opposé à M'_1 . Tant que $M'_1 > L_1$ la déviation augmente, et l'essieu

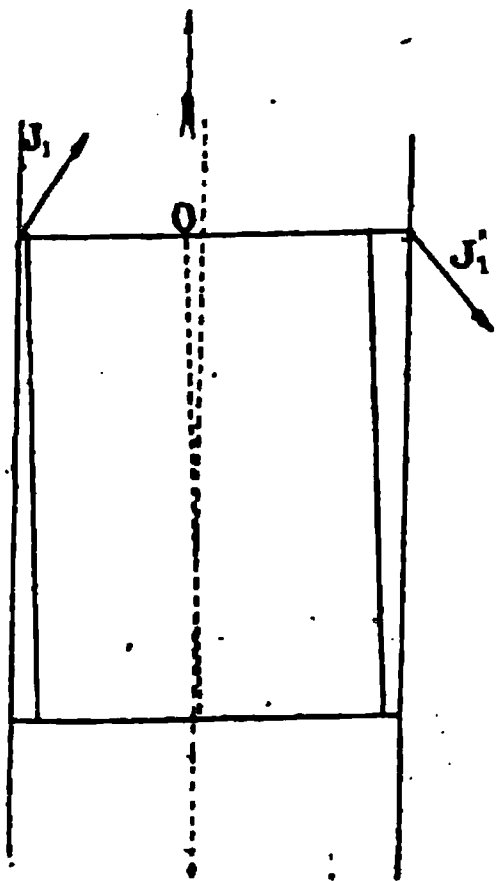


FIG. 7.

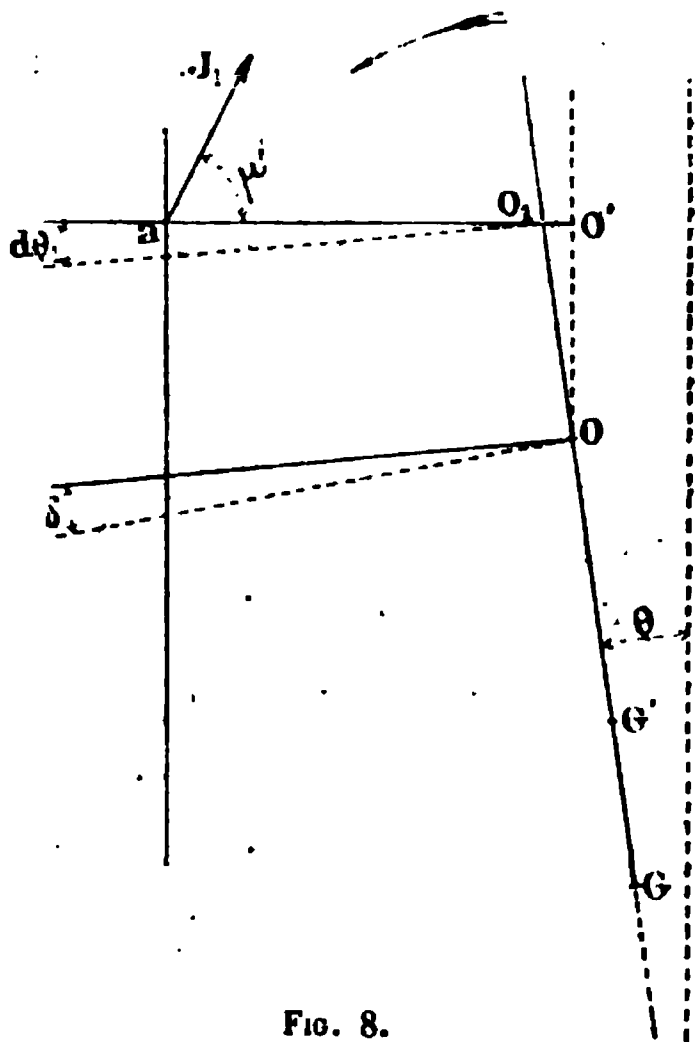


FIG. 8.

arrive ainsi jusqu'à une position angulaire pour laquelle on a : $M'_1 = L_1$. Le moment L_1 peut être constant ou variable, suivant la nature du rappel. Ordinairement L_1 croît avec la déviation de l'essieu.

Il s'agit, d'autre part, de savoir si M'_1 augmente ou diminue avec cette déviation ; il faut donc étudier quelles sont alors les forces de frottement.

Considérons (*fig. 8*) un essieu O qui fait avec une

parallèle aux autres essieux un angle δ . Si cet essieu était seul et roulait parfaitement, il s'avancerait normalement à lui-même, et son centre O viendrait en O' , pendant qu'il tournerait d'un angle $d\theta_1$, à cause de la conicité des bandages. Or, l'empattement rigide des autres essieux de la machine oblige le centre de gravité G à se déplacer suivant l'axe GO de la locomotive, dont nous supposons d'abord que la position angulaire ne change pas. Il faut donc que le centre O' de l'essieu, point assujéti à rester sur l'axe de la machine, se déplace transversalement d'une quantité $O'O_1$, qui est égale au chemin parcouru Vdt multiplié par l'angle δ . Il y a donc un premier glissement transversal : $V\delta dt$.

Si, pendant le mouvement, l'angle δ varie de $d\delta$, le glissement longitudinal dû à l'absence de roulement parfait n'est plus $ed\theta_1$, comme lorsque l'essieu conserve son parallélisme avec les autres, mais $e(d\theta_1 - d\delta)$.

Finalement, les composantes du glissement élémentaire, en admettant que l'angle θ varie à son tour de $d\theta$, ont pour valeur totale :

$$\begin{array}{ll} \text{longitudinalement} & e(d\theta + d\theta_1 - d\delta), \\ \text{transversalement} & ld\theta + V\delta dt, \end{array}$$

et la tangente de l'angle μ' que fait la force de frottement avec la direction de l'essieu a pour valeur :

$$\operatorname{tg} \mu' = \frac{e(d\theta + d\theta_1 - d\delta)}{ld\theta + V\delta dt}.$$

Le sens de l'angle δ est déterminé par la direction qu'aurait la force J dans le cas d'un essieu parallèle.

Si l'angle θ augmente vers la gauche (*fig. 8*), on voit, d'après l'expression de $\operatorname{tg} \mu'$, que l'angle μ' est plus petit que l'angle μ , que nous avons trouvé quand l'essieu reste parallèle ; donc le moment M_1 par rapport au centre de gravité augmente généralement avec δ , et le moment

M' , par rapport au centre de l'essieu diminue quand δ augmente.

Quelles sont maintenant les variations de ces moments quand θ varie ?

Partons de la position de la machine $\theta = 0$ sur la droite (*fig. 9*), et supposons qu'au début la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ ait une valeur notable. La force de frottement J est alors perpendiculaire à GA , et elle donne un moment M' , par rapport à O , amenant l'essieu dans une position angulaire OA' .

Ensuite le centre O se rapproche de l'axe de la voie, tandis que θ reste constant ; la force J change de sens et donne un moment tendant à redresser l'essieu.

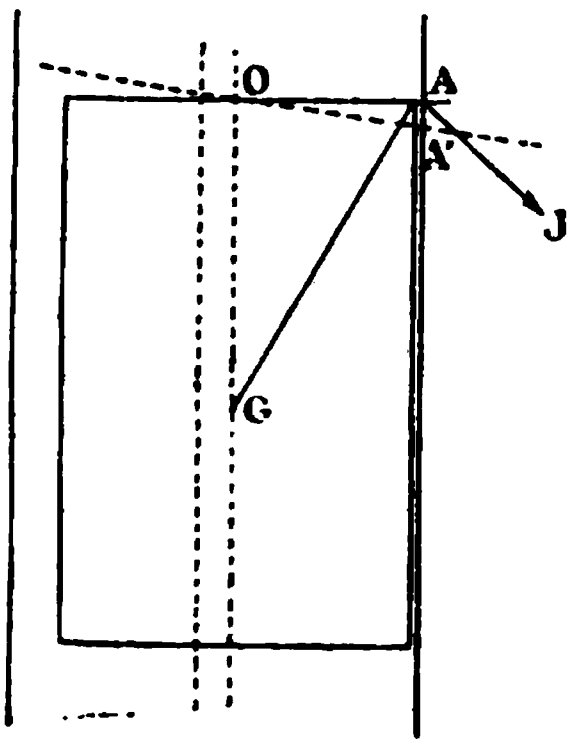


FIG. 9.

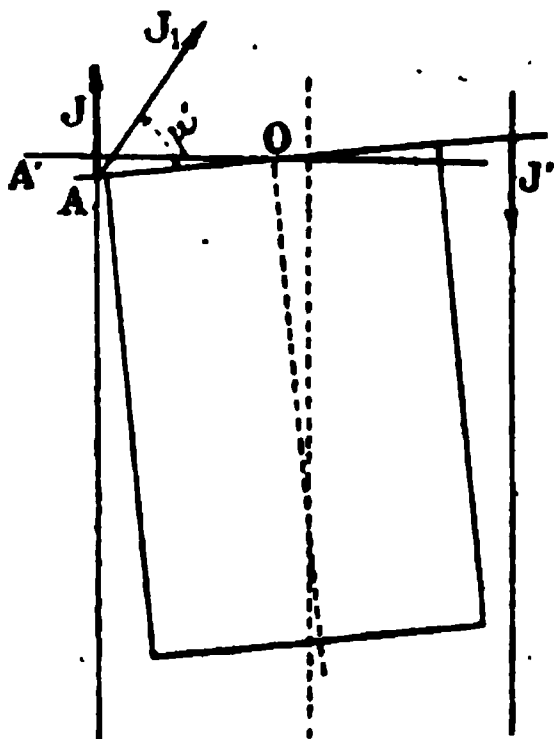


FIG. 10.

Quand O est de l'autre côté de l'axe de la voie, θ restant toujours constant, la variation $d\theta$, a changé de sens et augmente en valeur absolue. Si l'essieu était resté parallèle, j'aurais des forces J , J' , dirigées suivant le rail, qui tendraient à faire tourner l'essieu autour de O de façon à le rendre normal à la voie. Telle est donc la déviation que prend réellement l'essieu. Alors la force de frottement prend la direction J_1 (*fig. 10*), et l'angle μ' est donné

par la relation :

$$\operatorname{tg} \mu' = \frac{e d\theta_1}{V \delta dt}.$$

On peut trouver l'angle δ si on connaît la résistance qu'oppose au déplacement le dispositif de rappel.

Il y a un grand intérêt à ce que l'essieu soit normal à la voie au moment où le boudin de la roue arrive au contact du rail. Si cela a lieu l'angle δ est alors égal à θ , et on a :

$$\operatorname{tg} \mu' = \frac{e}{V l \theta} l \frac{d\theta_1}{dt}.$$

Or, la valeur $l \frac{d\theta_1}{dt}$ est connue au moment du contact ; elle est égale à $l \frac{\omega \gamma}{e} \epsilon$. On a donc finalement :

$$\operatorname{tg} \mu' = \frac{\omega \gamma \epsilon}{V \theta}.$$

Le moment de rotation, $M'_1 = f P e \sin \mu'$, par rapport au centre O, est donc connu si on a une valeur approchée de θ , et il ne faut pas que le dispositif de rappel donne un moment plus grand que M'_1 , sinon on ne pourra pas avoir l'égalité $\delta = \theta$, c'est-à-dire, l'essieu normal au moment du contact.

L'utilité de cette condition ressort clairement si on considère un bogie. En effet, lorsque les boudins arrivent au contact des rails, il se produit ordinairement des chocs et des réactions. Si, au moment de ce contact, l'axe du bogie parallèle aux essieux est normal au rail, chocs et réactions se partagent entre les deux roues d'un même côté, puisque leurs boudins arrivent en même temps au contact.

Examinons maintenant quelles sont les forces de frottement dans le cas d'un bogie.

C'est par rapport au pivot qu'il faudra prendre le

moment de ces forces pour connaître la déviation que prennent les essieux du bogie à partir de la position parallèle aux autres essieux de la machine.

Le bogie supposé seul tendrait, comme un essieu seul, à se déplacer normalement, et le pivot C viendrait en C' (*fig. 11*). Mais la liaison invariable du pivot avec la machine ramène ce pivot sur l'axe GC. Il y a donc un glissement transversal $V\delta dt$ et un glissement longitudinal $e(d\theta_1 - d\hat{e})$, qui doivent être respectivement ajoutés aux glissements $ld\theta$ et $ed\theta$ dus au déplacement de l'axe de la machine.

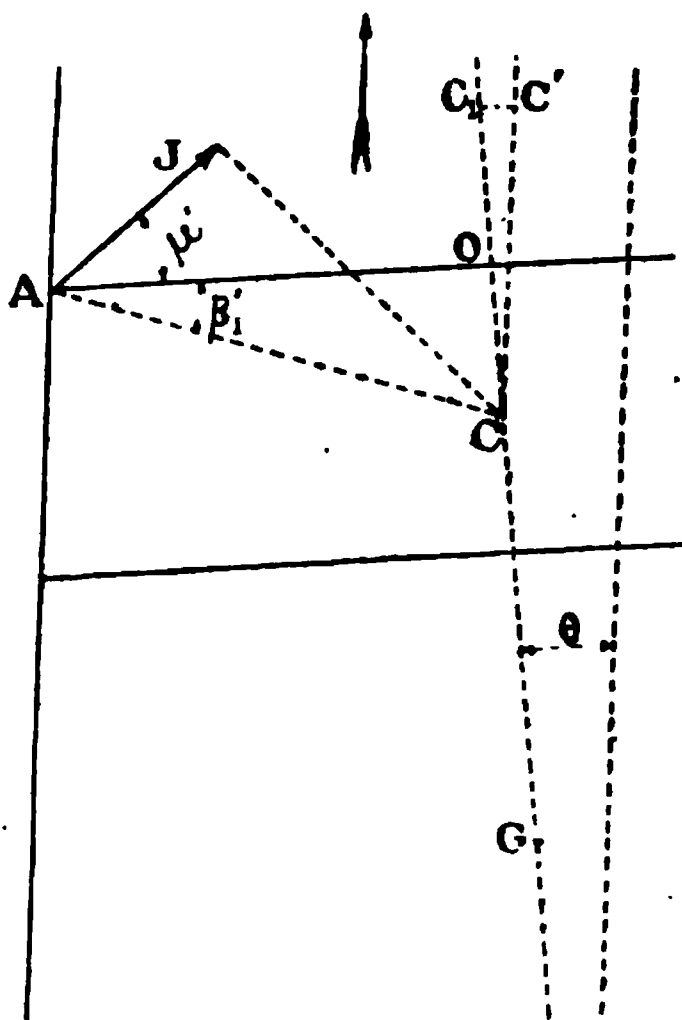


FIG. 11.

Les conclusions relatives aux forces sont donc exactement les mêmes que lorsqu'on a un seul essieu radial.

Si on appelle β' , l'angle OAC, et d' la distance AC, le moment de la force J par rapport à C est :

$$JPd' \sin (\beta' + \mu').$$

En définitive, on peut tirer de ce qui précède les conclusions suivantes, relatives au mouvement de lacet d'une machine à bogie.

La mobilité du bogie permettant de donner aux machines un empattement plus grand, le moment résistant, ΣM , et le moment d'inertie se trouvent augmentés. Par suite, l'amplitude du lacet doit être plus faible (θ plus petit)

et quand on arrive au contact des boudins avec les rails, contact produit par la vitesse latérale V_0 , elle aussi plus faible, ce qui augmente le pas des oscillations, les deux roues d'un même côté du bogie touchent en même temps, ou à peu près. Le choc se trouve, d'ailleurs, limité à l'arrêt du bogie lui-même, si le bâti peut se déplacer sur le bogie, à l'aide de plans inclinés ou d'appareils quelconques. La résistance, due par exemple à un plan incliné placé au pivot, s'exerce, d'ailleurs, à une distance assez grande du centre de gravité, d'où il résulte que le moment résistant est très élevé. La rotation change, dans la plupart des cas, naturellement de sens avant que le jeu soit épuisé et, le centre de gravité se trouvant toujours en avant des essieux moteurs à empattement rigide, il n'y a ni les chocs, ni les réactions sur la voie qui, dans les locomotives sans bogie, arrêtent brusquement le déplacement latéral.

La machine à bogie, rationnellement construite, doit être d'une parfaite innocuité vis-à-vis de la voie.

(La fin à la prochaine livraison.)

BULLETIN

STATISTIQUE DU ZINC ET DU PLOMB EN EUROPE
POUR L'ANNÉE 1894 (*).

1° ZINC.

PAYS	PRODUCTION du minerai	CONSUMMATION DE MINERAI			PRODUCTION du zinc	IMPOR- TATION du zinc	EXPOR- TATION du zinc	CONSUM- MATION du zinc
		indigène	étranger	totale				
	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.
France	77.000(a)	16.300	36.100	52.400	23.400	35.400	7.300	51.500
Angleterre....	22.200	21.800	45.600	67.400	26.500(b)	72.300	12.200	84.600
Belgique.....	11.600	10.500	221.000	231.500	97.000	9.100	81.200	24.900
Allemagne....	728.600	692.900	14.700	707.600	143.600	18.400	79.500	82.500
Autriche-Hong.	28.500	25.900	4.700	30.600	6.800	16.300	1.600	21.500
Russie.....	13.000	13.000	"	13.000	5.000	8.300	400	12.900
Espagne.....	58.800	13.500	"	13.500	5.500	200	2.700	3.000
Italie.....	131.800	"	"	"	"	5.500	"	5.500
Grèce.....	21.000	"	"	"	"	100	"	100
Suède.....	47.000	1.000	"	1.000	300	1.800	100	2.000
Norvège.....	"	"	"	"	"	1.000	200	800
Hollande.....	"	"	"	"	"	3.600	"	3.600
Suisse.....	"	"	"	"	"	2.500	200	2.300
Turquie.....	"	"	"	"	"	500	"	500
Portugal.....	"	"	"	"	"	500	"	500
Roumanie.....	"	"	"	"	"	580	20	560
Serbie.....	"	"	"	"	"	40	"	40
Europe.....	1.139.500	.....	.....	1.117.000	308.100	.....	.....	298.800

(a) Non compris 30.000 tonnes produites en Algérie.
(b) Nombre approximatif.

Si l'on ajoutait à la production européenne des minerais de zinc celle de l'Algérie, qui est totalement expédiée en Belgique, il s'en suivrait que 50.000 tonnes environ de ces minerais n'auraient pas été consommées en Europe, du moins dans l'année.

D'autre part, le zinc métallique fabriqué dans l'Europe suffit amplement, comme on le voit, à ses besoins.

Ces deux faits s'accordent pour démontrer que la production du zinc semble arrivée à son maximum.

(*) D'après les statistiques nationales spéciales et les documents des Douanes. Les chiffres en caractères italiques sont présumés.

2° PLOMB.

PAYS	PRODUCTION du minerai	CONSUMMATION DE MINERAI			PRODUCTION du plomb	IMPORTATION du plomb	EXPORTATION du plomb	PAYS d'origine
		indigène	étranger	totale				
	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	ton. mét.	
France.....	25.400 (a)	14.400	6.000	20.400	8.700	84.700	8.100	France
Angleterre..	41.200	41.200	15.900	57.100	42.700	164.500 (b)	65.000	Angleterre
Belgique...	200	400	16.100	16.500	14.100	43.500	34.700	Belgique
Allemagne..	162.700	160.000	49.000	209.000	104.400	25.800	35.200	Allemagne
Autriche...	12.000	10.500	2.400	12.900	9.600	9.000	1.400	Autriche
Hongrie....	10.000	4.000	"	4.000	2.300	9.000	"	Hongrie
Russie.....	2.000	2.000	"	2.000	900	28.300	300	Russie
Espagne....	322.600	302.700	"	302.700	152.600	"	159.000 (c)	Espagne
Italie.....	29.800	23.400	13.400	36.800	19.600	1.500	1.200	Italie
Grèce.....	6.000 (d)	6.000	"	6.000	16.000	"	8.000 (e)	Grèce
Suède.....	14.800	700	"	700	300	1.800	800	Suède
Norvège....	"	"	"	"	"	700	300	Norvège
Hollande...	"	"	"	"	"	7.400	2.700	Hollande
Suisse.....	"	"	"	"	"	2.900	300	Suisse
Turquie....	"	"	"	"	"	4.200	"	Turquie
Portugal...	"	"	"	"	"	200	"	Portugal
Roumanie..	"	"	"	"	"	170	"	Roumanie
Serbie.....	"	"	"	"	"	30	"	Serbie
Europe.....	626.700	.....	.....	668.100	371.200	.....	.....	Europe

(a) Non compris 3.600 tonnes de minerai de fer plombeux.

(b) 66.000 tonnes sont importées en Angleterre d'Australie et d'Amérique.

(c) Une douzaine de mille tonnes de cette exportation ont été prises vraisemblablement sur la production antérieure.

(d) Il a été extrait en outre 70.000 tonnes de minerai de fer plombeux.

(e) Exportation en Angleterre, d'après la douane de ce pays.

L'Europe a importé 40.000 tonnes de minerai de plomb et 70.000 tonnes de plomb (voir pour cette dernière quantité la note b ci-dessus).

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décision ministérielle, du 4 juin 1896, portant délimitation de la concession des mines d'asphalte du PONT-DE-CÉRASSON n° 2 (Haute-Savoie) ().*

(EXTRAIT.)

La concession du Pont de Cérasson n° 2 est délimitée comme suit:

1° Au sud et à l'ouest, par les parcelles particulières de la commune de Musiège, dont les numéros et les propriétaires sont désignés dans le tableau déposé au dossier, depuis le point C, angle sud de la parcelle communale n° 629, situé à 167 mètres au nord de l'angle nord-ouest de la maison dite « Cellier de Digny » et à 105 mètres à l'est du bord du chemin de Musiège à Contamine, jusqu'au point E, où la limite occidentale de cette parcelle n° 629 vient rencontrer la rive gauche du ruisseau le Fornant ; puis par la rive gauche de ce ruisseau jusqu'au point A situé à 112 mètres au sud-ouest du point où cette rive est rencontrée par la limite séparative des communes de Musiège et de Chaumont ;

2° Au nord et à l'est, par une ligne brisée ABC allant du point A ci-dessus défini au point B, pris sur le chemin de Musiège, à 218^m,50 à l'est du point où ce chemin pénètre dans ladite parcelle communale n° 629, puis au point C déjà déterminé.

Le bornage des points ABCE aura lieu dans un délai de trois mois à compter de la notification de la présente décision.

(*) Concession accordée par billet royal sarde du 23 mai 1840. Aux termes de cet acte, la concession comprend une superficie de 40 hectares à prendre sur les communaux de Musiège et au besoin de Contamine.

Décret du Président de la République, du 30 juin 1896, portant institution de la concession des mines de pyrite de fer et autres minerais connexes du PRABIS (Nièvre).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à M. Pastrie (Joseph) des mines de pyrite de fer et autres minerais connexes, comprises dans les limites ci-après définies, communes de Laroche-Millay et de Villapourçon, arrondissement de Château-Chinon, département de la Nièvre.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Prabis*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite allant du point A, sommet de la croix placée à la rencontre du chemin de la Ruchette à Villapourçon et du chemin de Le Cruyot au moulin de la Ruchette, au point F, où le bord méridional du ruisseau de la Drague rencontre une ligne droite tirée du point A sur la fontaine de Saint-Florentin, au hameau de l'Haut-de-l'Arche ;

A l'*est*, par une ligne droite tirée dudit point F au point G, angle sud-est de la maison Amiot, au hameau de Roset ;

Au *sud*, par une ligne droite allant dudit point G au point H, placé au lieu dit les Rompas, à la rencontre du bord nord-est du chemin de Champrobert à Sanglier et du bord nord-ouest du chemin des Rompas au hameau de l'Haut-de-l'Arche ;

A l'*ouest*, par une ligne droite, allant dudit point H au point A, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, trente-deux hectares, cinquante ares (2 kmq, 32 hect., 50 ares).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger à la pyrite de fer et autres minerais connexes, qui peuvent exister dans l'étendue de la concession du Prabis.

La concession de ces gîtes de minéral pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines du Prabis, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — Le concessionnaire paiera à la Société Passier, Malard et C^{ie}, en exécution de l'article 16 de la loi du 21 avril 1810, et à titre d'indemnité pour l'invention du gîte du Prabis, la somme de cinq mille francs (5.000 francs).

Art. 6. — Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 7. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*conforme à l'article 7 du décret du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville, voir supra, p. 118*).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics et le ministre des finances sont chargés..., etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DU PRABIS.

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (*Voir supra, p. 121*).

Art. 1^{er}. — *Délai d'abornement* : Trois mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau* : 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer* : 10 mètres.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

IMPRESSIONS NÉCESSAIRES AUX SERVICES EXTÉRIEURS. — APPROBATION
PAR LES PRÉFETS DES MÉMOIRES DE DÉPENSES. — MODIFICATION
DES DISPOSITIONS DE LA CIRCULAIRE DU 26 JUIN 1890.

Paris, le 13 juin 1896.

A Monsieur le Préfet du département d...

Monsieur le Préfet, aux termes d'une circulaire de l'un de mes prédécesseurs, en date du 26 juin 1890 (*), MM. les chefs des services des ponts et chaussées et du contrôle des chemins de fer peuvent s'approvisionner chez leurs fournisseurs habituels des formules et impressions autres que celles qui sont faites par l'Imprimerie nationale et envoyées par les soins de mon administration. Ces chefs de service peuvent également s'adresser à leurs fournisseurs pour la confection des affiches relatives aux enquêtes, aux travaux ou à tout autre objet.

La circulaire précitée porte que les mémoires concernant ces fournitures d'imprimés doivent, sans exception, être soumis, avant paiement, à mon approbation. Elle recommande, en outre, à MM. les ingénieurs de joindre à leurs propositions un exemplaire de chacune des formules, qu'ils auront fait imprimer.

J'ai reconnu, Monsieur le Préfet, que les prescriptions dont il s'agit peuvent sans inconvénient cesser d'être appliquées.

J'ai décidé, en conséquence, qu'à l'avenir vous serez chargé d'approuver les mémoires des fournitures d'imprimés dont la commande est faite par les ingénieurs et dont la dépense incombe à l'État.

Je crois devoir vous rappeler à ce sujet que certains imprimés sont à la charge des ingénieurs, qui sont indemnisés par l'allocation de leurs frais fixes. Ces imprimés comprennent notamment les lettres,

(*) Volume de 1890, p. 237.

rapports, notes de correspondance, bulletins de transmission, bandes et enveloppes de service.

J'ajouterai que, dans le cas où le règlement des prix d'impressions donnerait lieu à des difficultés, mon administration sera toujours disposée à intervenir en soumettant le différend à l'arbitrage de l'Imprimerie nationale.

J'adresse à MM. les ingénieurs une ampliation de la présente circulaire, accompagnée de la nomenclature des formules et impressions qui, pour tous les services extérieurs, doivent être exclusivement fournies par l'Imprimerie nationale et être envoyées par les soins de mon administration.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

FORMULES ET IMPRESSIONS

qui doivent être exclusivement fournies par l'Imprimerie nationale et envoyées par les soins de l'administration centrale à tous les services extérieurs dépendant du ministère des travaux publics.

NUMÉROS d'ordre	DÉSIGNATION DES FORMULES
PERSONNEL.	
1	Feuilles signalétiques. — Ingénieurs des ponts et chaussées et des mines.
2	Inspecteurs et commissaires, contrôle et surveillance des chemins de fer.
3	Officiers et maîtres de port.
4	Conducteurs et commis des ponts et chaussées : contrôleurs des mines.
5	Gardes-pêche.
6	Conducteurs des ponts et chaussées. — Propositions d'avancement au choix. Résumé (pour ingénieur en chef).
7	Conducteurs des ponts et chaussées. — Résumé des propositions d'avancement à l'ancienneté (pour ingénieur en chef).
8	Commis des ponts et chaussées. — Proposition d'avancement (pour ingénieur en chef).
9	Maîtres et gardiens de phares et fanaux. — Propositions d'avancement (pour ingénieur en chef).
10	Agents inférieurs attachés au service de la navigation intérieure, etc. — Propositions d'avancement (pour ingénieur en chef).
11	Etat nominatif des conducteurs, commis et agents inférieurs des ponts et chaussées (pour ingénieur en chef).
12	Etat récapitulatif des propositions d'avancement faites en faveur de tous les agents du service pendant l'année.
13	Etat détaillé des dépenses prélevées sur les chapitres du personnel. [Circulaire du 26 juin 1890.]
14	Service des mines. — Etat des frais de tournées n° 1.
15	n° 2.
16	Service des mines. — Etat des frais de tournées n° 3.
17	n° 4. (Circulaires des 9 décembre 1892 et 15 février 1896).
18	Etat des logements occupés dans les bâtiments du domaine de l'Etat par des fonctionnaires ou agents du ministère des travaux publics. — Publication annuelle; annexe du budget.
19	Secours. — Bulletin de renseignements (deux modèles).
20	Allocations de fin d'année. — Propositions de fin d'année en faveur des conducteurs, commis des ponts et chaussées et assimilés.
21	Allocations de fin d'année. — Propositions de fin d'année en faveur d'autres agents.
22	Surveillance de la pêche fluviale. — Projet de budget des dépenses. [Circulaire du 26 juin 1890.]
23	Etat des conducteurs et commis en activité dont le traitement est imputé sur d'autres fonds que ceux du Trésor. [Circulaire du 13 décembre 1890.]
COMPTABILITÉ.	
1° Ponts et Chaussées.	
24	Etat sommaire mensuel des dépenses (Modèle 14).
25	Etat trimestriel des indemnités, dépenses diverses, etc. (Modèle 19).

- 48 Instruction pour le service des phares éclairés à l'huile minérale.
 49 Cahier des charges-type pour la concession d'outillage dans les ports.
 (Circulaire du 26 juin 1890).

MINES.

- 1 Production des combustibles minéraux.
 1 Production des usines à fer.
 2 Exploitation des combustibles minéraux et de la tourbe (Etat n° 1).
 3 Résumé du mouvement et de la consommation des combustibles minéraux (Etat n° 2).
 4 Exploitation des minerais de fer (Etat n° 3).
 5 Exploitation des minerais autres que ceux de fer (Etat n° 3 bis).
 6 Exploitation du sel gemme et du sel marin (Etat n° 4).
 7 Production des carrières en 18...
 8 Accidents signalés dans les mines, minières, carrières et tourbières (Etat n° 5).
 9 Consistance des usines à fer (Etat n° 6).
 10 Résumé de la production des usines à fer (Etat n° 7).
 1 Production des métaux autres que le fer, des huiles minérales et bitumes (Etat n° 8).
 2 Recherches de mines exécutées en 18... (Etat n° 9).
 3 Entreprises de mines (Renseignement sur les...
 4 Etat recapitulatif des appareils à vapeur, non compris ceux des états B et C (Etat A).

NUMÉROS d'ordre	DÉSIGNATION DES FORMULES
MINES. (Suite.)	
65	Etat statistique des bateaux à vapeur assujettis à l'inspection des commissions de surveillance (Etat B).
66	Etat récapitulatif des appareils à vapeur employés dans l'enceinte des chemins de fer (Etat C).
67	Etat des combustibles consommés dans l'enceinte des chemins de fer (Etat D).
68	Etat récapitulatif des épreuves réglementaires d'appareils à vapeur (Etat E).
69	Procès-verbal de visite du bateau à vapeur (navigation fluviale).
70	Permis de..... des bateaux à vapeur (navigation fluviale).
71	Procès-verbal de visite annuelle des bateaux à vapeur (navigation fluviale).
72	Procès-verbal de visite des bateaux à vapeur (navigation maritime).
73	Permis de navigation (placard) [navigation maritime].
74	Bulletin signalétique à annexer aux rapports sur les explosions d'appareils à vapeur.
75	Note sur les précautions relatives à l'emploi de la dynamite.
76	Type de décret de concession de mine.
77	Type de cahier des charges de concession de mine.
78	* Redevance proportionnelle sur les mines (état d'exploitation).
79	* Tableau des mines non exploitées.
80	* Tableau, par mine, des résultats du travail des redevances imposées. [Circulaire du 26 juin 1890.]
81	Etat des exploitations à dispenser de délégués, n° 1.
82	_____arrêté du préfet, n° 1 bis.
82	Etat des exploitations à ciel ouvert à assimiler, n° 2.
84	_____arrêté du préfet, n° 2 bis.
85	Base des indemnités n° 3.
86	_____arrêté du préfet, n° 3 bis. [Circulaire du 9 juillet 1890.]
87	Procès-verbal d'élection des délégués. [Circulaire du 19 juillet 1890.]
88	Mandatement des indemnités aux délégués (Etat détaillé n° 4).
89	_____ (Etat récapitulatif n° 5). [Circulaire du 30 septembre 1890.]
90	Registre E. V. Epreuves d'appareils à vapeur n° 1.
91	Extrait du registre d'épreuves E. V. n° 2.
92	_____n° 3. [Circulaire du 25 mai 1891.]
93	Registre E. V. B. (Modèle n° 4).
94	Extrait du registre E. V. B. n° 5. [Circulaire du 27 décembre 1892.]
CHEMINS DE FER.	
95	Dépenses d'établissement au 31 décembre (formule A).
96	Annexe à la formule A.
97	Renseignements statistiques sur la situation financière de la compagnie au 31 décembre 18... (formule S).
98	1° Annexe à la formule S. Situation des emprunts.
99	2° _____ Situation des subventions.
100	Renseignements statistiques sur les institutions de pensions et de secours en faveur d'agents de chemins de fer en exploitation (formule T).
101	Trafic mensuel.
102	Trafic annuel (formule B).
103	Dépense d'exploitation (formule C).
104	Mouvement des unités de trafic (formule E).
105	Matériel roulant (effectif et parcours) [formule F].
106	Mouvement du matériel (formule G).
107	Personnel au 31 décembre 189 .. (formule H).
108	Recettes trimestrielles des chemins de fer d'intérêt général (formule R).
109	Recettes trimestrielles des chemins de fer d'intérêt local et des tramways (formule R) [Circulaire du 26 juin 1890.]
* Formules payées par le ministère des finances.	

LABORATOIRES DE CHIMIE DÉPARTEMENTAUX. — COMPTES RENDUS ANNUELS.

Paris, le 13 juin 1896.

A Monsieur le Préfet du département d...

Monsieur le Préfet, les ingénieurs des mines qui ont, dans leurs services, des laboratoires de chimie dont ils ont la charge sont généralement appelés, chaque année, à donner, à diverses reprises, à l'Administration supérieure des renseignements sur la marche de ces établissements. Il m'a paru qu'il serait préférable de réunir désormais tous ces éléments dans un seul rapport, qui devra être dressé conformément aux instructions de la présente circulaire.

Ce rapport sera transmis d'office par les ingénieurs, en même temps que le rapport annuel prévu par la circulaire du 4 décembre 1889 (*), tout en restant distinct de ce dernier document et formant l'objet d'un envoi séparé.

Un premier tableau, dressé d'après le cadre suivant, donnera, pour les cinq années antérieures, le nombre d'analyses et de dosages effectués par année :

	189 .		189 .		189 .		189 .		189 .	
	NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE	
	d'ana-lyses.	de dosa-ges.	d'ana-lyses.	de dosa-ges.	d'ana-lyses.	de dosa-ges.	d'ana-lyses.	de dosa-ges.	d'ana-lyses.	de dosa-ges.
Combustibles										
Minerais de fer et de manganèse ..										
Minerais métalliques										
Métaux et alliages										
Calcaires, chaux et ciments										
Argiles, terres réfractaires et sables										
Terres arables										
Phosphates et autres engrais ..										
Eaux minérales										
Eaux industrielles, eaux potables										
Gaz										
Analyses diverses										
TOTAUX										

(*) Volume de 1889, p. 372.

Pour chacun des groupes ci-dessus et dans leur ordre, on indiquera ensuite, pour l'année précédente seulement, le détail des analyses les plus intéressantes, soit par la provenance ou la composition de l'échantillon, soit par l'objet ou les procédés de la recherche.

Pour les échantillons dont on ne croirait pas devoir reproduire l'analyse, on donnera, en tout cas, la provenance, sauf à réunir au besoin par régions ceux des séries trop nombreuses.

Un second tableau groupera, sous la classification du tableau ci-dessus, le nombre des analyses et des dosages de l'année écoulée, d'après les catégories suivantes :

- I. — *Analyses payantes ;*
- II. — *Analyses demandées par le service ordinaire des mines ;*
- III. — *Analyses demandées par d'autres services ou administrations ;*
- IV. — *Analyses gratuites pour les particuliers ;*
- V. — *Recherches personnelles de l'ingénieur.*

A la suite de ce tableau, on rappellera par catégories :

Pour la catégorie I : le tarif des essais, l'acte qui en a fixé le montant et le mode de perception, la nature des principaux essais et la situation des personnes qui les ont réclamés ;

Pour la catégorie II : l'objet des principaux essais ;

Pour la catégorie III : les services ou administrations intéressés, la nature des principaux essais ;

Pour la catégorie IV : la situation des personnes qui ont réclamé les essais, la nature desdits essais ;

Pour la catégorie V : l'objet et la nature des recherches.

Après cet exposé, le rapport traitera des *voies et moyens* en présentant :

1° L'état des crédits alloués à titres divers au laboratoire dans l'année écoulée ;

2° Le détail des dépenses effectuées dans ladite année et leur imputation sur les ressources ou subventions diverses allouées au laboratoire ;

3° Des propositions sur les allocations qui, à titres divers, doivent permettre le fonctionnement du laboratoire pendant l'année courante.

Ce compte rendu sur les *voies et moyens* ne dispensera pas les ingénieurs d'adresser à mon administration, pour le mandatement des dépenses, les propositions spéciales d'usage, accompagnées des pièces comptables réglementaires ; il ne les dispensera pas non plus de toutes propositions et comptes rendus, qui seraient nécessaires pour obtenir les allocations et subventions provenant

autres administrations que celle du ministère des travaux publics. A ce double point de vue, rien ne doit être changé dans les agissements du passé.

L'ingénieur présentera, dans un dernier paragraphe, les observations qu'il jugerait utiles, et qui n'auraient pas trouvé place dans les paragraphes antérieurs.

L'ingénieur en chef formulera ses observations à la suite du rapport de l'ingénieur ordinaire, et vous me transmettez, avec votre avis, le document qui vous aura été adressé.

Ces instructions seront appliquées à partir de 1897, pour les opérations de 1896.

J'adresse directement aux ingénieurs ampliation de la présente circulaire.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

CHEMINS DE FER. — CIRCULATION A PIED DANS L'ENCEINTE DES CHEMINS
DE FER. — ARTICLE 61 DE L'ORDONNANCE DU 15 NOVEMBRE 1846.

Paris, le 17 juin 1896.

A MM. les Administrateurs de la compagnie d...

Messieurs, aux termes de l'article 61 de l'ordonnance du 15 novembre 1846 (*), il est interdit à toute personne étrangère au service du chemin de fer de s'introduire dans l'enceinte des voies ferrées, d'y circuler ou d'y stationner.

Cependant, il arrive fréquemment que certains agents appartenant aux administrations publiques, ou même des particuliers, ont besoin, soit pour abrégé un parcours qu'ils ont à faire quotidiennement, soit pour se livrer à des études et à des travaux spéciaux, de pénétrer dans l'enceinte du chemin de fer.

Jusqu'ici, il était statué sur les nombreuses demandes produites à cet effet par des décisions ministérielles ou par des arrêtés préfectoraux pris sous l'approbation du ministre; mais il a été reconnu que l'intervention de l'administration supérieure dans chaque cas d'espèce occasionnait des écritures et des pertes de temps d'autant plus préjudiciables que, pour la plupart, les requêtes dont il s'agit présentent un caractère d'urgence.

(*) *Annales des Mines*, 2^e volume de 1846, p. 834.

A la suite d'une demande de M. le directeur du service de la carte géologique de France, une décision ministérielle, en date du 10 octobre dernier, a déjà autorisé les compagnies à délivrer *directement*, et sous certaines conditions, les permis de circuler à pied sur les voies ferrées, qui seraient demandés par ce fonctionnaire pour ses collaborateurs. Une exception semblable a été admise en faveur des agents des postes par une décision du 30 décembre suivant.

Il me paraît utile de généraliser cette mesure, afin de simplifier les écritures et de remédier aux inconvénients signalés plus haut. Je vous autorise, en conséquence, après en avoir donné avis à M. l'inspecteur général du contrôle, à délivrer des cartes de circulation à pied dans l'enceinte des lignes ferrées de votre réseau, toutes les fois que la demande vous en sera faite par les chefs de service des diverses administrations publiques. Chaque permis de circulation devra, d'ailleurs, être contresigné par le chef de service qui vous aura adressé la demande; il ne sera accordé qu'aux risques et périls du permissionnaire, lequel devra se conformer aux mesures de précaution qui lui seront prescrites, sans que votre compagnie puisse être rendue responsable des accidents qui viendraient à se produire du fait de cette circulation anormale.

Je me réserve seulement de statuer sur les demandes émanant des particuliers.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les inspecteurs généraux du contrôle.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

BATEAUX A VAPEUR. — APPLICATION DU DÉCRET DU 1^{er} FÉVRIER 1893.
— FIXATION DU NOMBRE MAXIMUM DES PASSAGERS QUI PEUVENT ÊTRE EMBARQUÉS A BORD DES BATEAUX NAVIGUANT DANS LES EAUX MARITIMES.

Paris, le 25 juin 1896.

A. M....., Ingénieur en chef des ponts et chaussées, président de la commission de surveillance des bateaux à vapeur du port d.....

Monsieur l'Ingénieur en chef, depuis la mise en application du décret du 1^{er} février 1893 (*), mon administration a été consultée à diverses reprises sur le rôle qui incombe aux commissions

instituées dans les ports pour la surveillance des bateaux à vapeur naviguant dans les eaux maritimes, en ce qui concerne la fixation du nombre de passagers qui peuvent prendre place à bord de ces bateaux. Il m'a paru nécessaire de fixer, à cet égard, la jurisprudence des commissions de surveillance.

Ainsi que l'indique son titre, le décret du 1^{er} février 1893 a ramené la compétence de l'Administration des travaux publics, en matière de bateaux à vapeur naviguant dans les eaux maritimes, aux seules questions qui intéressent le fonctionnement des machines et appareils à vapeur placés à bord de ces bateaux. L'article 36 de ce décret définit, d'ailleurs, nettement la mission des commissions de surveillance, laquelle consiste à s'assurer que les appareils placés à bord satisfont aux prescriptions réglementaires.

D'autre part, il résulte des articles 3, 4 et 8 du décret que, pour tout ce qui est étranger aux appareils à vapeur, la commission se borne à enregistrer les déclarations des propriétaires et à les mentionner sur le procès-verbal de visite et sur le permis de navigation. Ces déclarations sont contrôlées par l'autorité maritime, qui a dans ses attributions tout ce qui se rapporte aux conditions de navigabilité et de stabilité des navires, ainsi qu'à la sécurité de la navigation.

Les commissions de surveillance n'ont donc pas à intervenir pour la fixation du nombre maximum des passagers qui peuvent être embarqués à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes; cette fixation a lieu par voie d'arrêtés pris par les préfets maritimes, sur les propositions d'une commission spéciale de visite.

Je vous prie de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire, dont je vous adresse des exemplaires en nombre suffisant pour les besoins de la commission de surveillance que vous présidez.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

(*) Volume de 1893, p. 21.

EXERCICES DU SERVICE DE GARDE DES VOIES DE COMMUNICATION. —
LOI DU 2 JUILLET 1890.

Paris, le 30 juin 1896.

A M. , *Ingénieur en chef des*

Monsieur l'Ingénieur en chef, la loi du 2 juillet et le décret du 5 juillet 1890 (*) ont organisé un service de garde des voies de communication en temps de guerre, dans le but d'assurer la sécurité des lignes de chemin de fer, canaux, réseaux télégraphiques et téléphoniques nécessaires aux besoins des armées. Conformément aux prescriptions de l'instruction du ministre de la guerre du 12 juillet 1890, les troupes spéciales du service de garde des voies de communication reçoivent, en temps de paix, l'instruction nécessaire pour les préparer à la mission qui leur est confiée en temps de guerre.

Aux termes des dispositions réglementaires, les personnels relevant du ministère des travaux publics et des compagnies de chemins de fer sont tenus de prêter leur concours à l'autorité militaire pour assurer le service de garde. Les conditions dans lesquelles leur intervention doit s'exercer sont déterminées par les articles 35 et 40 de l'instruction de M. le ministre de la guerre du 12 juillet 1890, lesquels sont ainsi conçus :

« Art. 35. — Les agents des ponts et chaussées (conducteurs, agents voyers, cantonniers, éclusiers, etc.), que leur service normal appelle dans le voisinage des voies de communication gardées, portent également leur attention sur les gens qui leur paraissent suspects. Ils communiquent aux sentinelles, aux rondes et aux chefs de poste, tous les renseignements qu'ils peuvent recueillir et qui intéressent la sécurité des voies.

« Art. 40. — Les hommes convoqués pour les périodes d'instruction se réunissent à l'emplacement indiqué pour le poste auquel ils appartiennent.

« Chaque poste reçoit alors, pendant quelques heures, une instruction spéciale, donnée par les officiers et sous-officiers, avec le concours d'agents de chemins de fer ou des ponts et chaussées, désignés de concert entre le département de la guerre

(*) Volume de 1890, p. 252 et 253.

et les compagnies intéressées ou le ministre des travaux publics. »

L'époque des exercices annuels prescrits par l'administration de la guerre est généralement arrêtée à une date très voisine de celle à laquelle ces exercices doivent avoir lieu, et il m'est par suite très difficile, sinon parfois même impossible, de vous en donner avis en temps utile.

Je vous prie en conséquence de vouloir bien, d'une manière générale, inviter les fonctionnaires et agents de votre service à prêter, conformément à la loi du 2 juillet 1890 et à l'instruction précitée, leur concours aux généraux commandant les subdivisions de région, chaque fois qu'auront lieu, dans l'étendue de leurs circonscriptions respectives, des exercices du service de garde des voies de communication.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le ministre et par autorisation :

Le Directeur du personnel et de la comptabilité,

E. HENRY.

JURISPRUDENCE.

VENTE D'HUILES MINÉRALES PAR UN CONCESSIONNAIRE DE MINES DE SCHISTES BITUMINEUX. — COMPÉTENCE DES TRIBUNAUX DE COMMERCE (Affaire VALLAT, MALLEVAL ET C^{ie} contre SOCIÉTÉ DES SCHISTES DE CHEVIGNY).

I. — *Jugement rendu, le 24 août 1895, par le tribunal de commerce de Romans.*

(EXTRAIT.)

Attendu que les défendeurs basent leur exception d'incompétence sur ce fait, qu'ils sont propriétaires des mines de schiste de Chevigny, et qu'en exploitant ces mines eux-mêmes, et en vendant les produits qu'ils en retirent, ils ne font pas acte de commerce ; qu'aucune contestation ne peut être élevée sur le marché objet du litige ;

Attendu que s'il est vrai, en principe, que l'exploitation d'une mine ou d'une carrière, par le propriétaire qui en vend les produits, ne constitue pas un acte de commerce, c'est à la condition que l'exploitant se bornera à vendre le produit direct de sa mine ;

Attendu que ce n'est pas le cas dans l'espèce soumise au tribunal ;

Attendu, en effet, que le minerai schisteux extrait de la mine est presque sans valeur à l'état brut ; qu'il n'en acquiert que par la manipulation et la distillation qu'on lui fait subir après l'extraction ; que cette distillation a nécessité l'installation d'usines munies de machines et d'un outillage important et nécessite aussi l'occupation d'un personnel nombreux ;

Attendu que l'on tire de cette manipulation divers produits, tels que : huiles lampantes, huiles lourdes, goudrons et sulfates d'ammoniaque, toutes matières manufacturées et commerciales ;

Attendu que, dans ces conditions, la commercialité de l'entreprise des défendeurs, qu'on les considère comme associés ou simplement comme ayant des intérêts communs dans l'exploita-

tion de cette entreprise, ne saurait être sérieusement contestée ; qu'elle a tous les caractères d'une entreprise de manufacture tombant sous l'application de l'article 632 du code de commerce ;

Attendu que le caractère de commercialité de l'entreprise s'affirme encore par la forme des contrats passés au nom des défendeurs ; que, d'une part, ils ont un administrateur-gérant qui vend et achète pour leur compte ; qu'il importe peu que cet administrateur ait eu une fonction provisoire, comme le soutiennent les défendeurs, bien que cette qualification n'ait pas été révélée aux tiers qui ont traité avec lui ; que, d'autre part, ils ont des représentants de commerce sur diverses places, qui négocient les marchés, soit en disponibles, soit à termes, que c'est dans ces dernières conditions que le marché qui donne lieu au procès a été conclu ; qu'à tous ces points de vue le tribunal a été compétemment saisi.

Attendu que la partie qui succombe doit supporter les dépens.

Par ces motifs, le tribunal, après avoir délibéré conformément à la loi, jugeant contradictoirement et en premier ressort, rejette le déclinatoire proposé ; se déclare, au contraire, compétent ; dit qu'il sera plaidé au fond à l'audience du 11 septembre 1895 ; condamne les défendeurs aux dépens.

II. — Arrêt rendu, le 29 février 1896, de la cour d'appel de Grenoble.

(EXTRAIT.)

Attendu que les s^{rs} Rérolle et consorts, cités par les s^{rs} Vallat, Mallevat et C^{ie}, devant le tribunal de commerce de Romans, en exécution d'un marché d'huile de schistes, ont soulevé et soulèvent une double exception d'incompétence :

1^o Sur l'exception d'incompétence *ratione loci* :

Attendu qu'il est constant et, d'ailleurs, non contesté qu'aux termes des accords le lieu de la promesse et de la livraison et même celui du paiement n'étaient autres que le domicile de l'acheteur ; que les vendeurs, sans nier l'existence même du marché, qui a, du reste, déjà reçu un commencement d'exécution par des livraisons et des paiements, se bornent à en contester la validité, comme ayant été conclu par un administrateur-gérant qui aurait, disent-ils, excédé ses pouvoirs de mandataire provisoire ; mais que cette contestation touche au fond même du litige et ne saurait faire échec à l'application en la cause de l'article 420 du code de procédure civile ;

Que, dès lors, c'est à bon droit que l'action, en tant qu'introduite pour fait commercial, a été portée devant les juges de Romans, lieu du domicile de l'acheteur ;

2° Sur l'exception d'incompétence *ratione materiæ* :

Attendu qu'au regard de cette exception les appelants soutiennent que, concessionnaires de mines schisteuses, ils ont fait, par la production de l'huile extraite de leurs minerais, un acte nécessaire pour donner à ces minerais la seule valeur marchande qu'ils fussent susceptibles d'obtenir, de sorte que les droits dérivant de leurs concessions n'auraient pas été dépassés et qu'ils demeureraient investis de la qualité civile attribuée aux concessionnaires de mines par l'article 32 de la loi du 21 avril 1810 ;

Attendu que, pour apprécier cette prétention, il importe avant tout de bien caractériser les différentes opérations qui amènent la production de l'huile minérale de schiste ; que le titre du concessionnaire de la mine schisteuse lui donne le droit d'extraire à ciel ouvert ou souterrainement le minerai lui-même ; qu'il lui appartient encore de pratiquer toutes opérations mécaniques, de nature à mettre en valeur ce minerai, même en en modifiant la forme ou la consistance par broyage, triage, lavage, bocardage, sans en altérer, d'ailleurs, la substance ou les éléments et sans emprunt à un agent chimique étranger ; que le minerai, ainsi traité et mis en état d'être, dans certains cas, offert à la vente, dans d'autres, soumis à la distillation, est considéré dans sa valeur intrinsèque pour déterminer la redevance proportionnelle due par le concessionnaire soit au propriétaire du sol, soit à l'État, et que l'œuvre résultant du titre de concession doit être considérée comme épuisée ;

Qu'à cette œuvre succède celle, bien distincte et bien différente, de l'usinier qui prend le minerai à l'état brut ou primitif, le transforme à l'aide d'opérations de distillation, en extrait un produit nouveau, recélé dans le minerai en quantité infime, pour rejeter ensuite comme stérile et impropre à son industrie la majeure portion du produit minier ; que l'huile ainsi fabriquée est parfois livrée au commerce dans son état originel, sous la dénomination d'huile lourde, ou, plus généralement, soumise à des opérations nouvelles qui, par l'emploi de l'acide sulfurique, la rendent plus pure et de valeur supérieure ; qu'il est impossible de méconnaître à cet ensemble d'opérations un caractère nettement industriel ; que ceux qui les accomplissent sont soumis à la patente de manufacturiers, et que les produits ainsi obtenus participent à la prime spéciale, concédée par la loi du 30 décembre 1893

pour favoriser l'industrie des huiles de schistes et réglée, selon les termes du décret du 24 août 1894, sur les indications fournies par les livres de commerce des exploitants ;

Qu'ainsi se trouvent nettement définies, l'une à l'égard de l'autre, l'œuvre du concessionnaire de mines, régie par la loi civile, et celle du manufacturier, soumise à la loi commerciale ;

Attendu qu'il a été soutenu par les appelants que cette distinction ne doit pas être retenue, alors que l'ensemble des deux opérations est poursuivi par le concessionnaire en vue de faire rendre à son minerai la seule valeur dont il soit susceptible ; de sorte que la qualité de manufacturier, avec toutes ses conséquences, se trouverait ainsi absorbée par la qualité du producteur primitif.

Attendu que cette réunion des deux qualités sur une même tête ne saurait modifier le caractère même de l'entreprise ; qu'il dépend du concessionnaire d'abandonner son exploitation, s'il ne peut assurer l'écoulement de son minerai chez un industriel voisin et s'il ne consent pas à assumer pour lui-même cette qualité d'industriel avec toutes ses conséquences ; que, en fût-il autrement, il serait permis de se demander si l'œuvre manufacturière n'absorberait pas dans la circonstance celle de l'exploitant minier ; de sorte que celle-ci ne dût plus être considérée que comme une annexe ou plutôt un simple élément de la première ; qu'il suffit pour justifier cette appréciation de considérer, vis-à-vis de l'autre, l'importance de l'œuvre du manufacturier, les installations qu'elle nécessite, les frais et les soins qu'elle entraîne, les résultats qu'elle poursuit, les opérations multiples et nécessaires qu'elle occasionne pour le placement commercial des produits fabriqués ; qu'au lieu de dire qu'une concession de mines schisteuses implique une construction d'usine, il paraît plus juste d'affirmer que cet établissement implique généralement l'utilité d'une concession voisine comme moyen de s'assurer avec plus d'économie une matière première encombrante et d'un transport coûteux ; qu'en admettant que l'œuvre de distillation fournisse un agent ou moteur qui facilite l'œuvre d'extraction du minerai et qu'à ce point de vue il soit utile que les deux opérations soient connexes, il est certain qu'elles ne sont pas inséparables ; que l'extraction possible à l'aide de moyens propres ne doit pas être encore considérée comme tenant sous sa dépendance la distillation, à raison des facilités que celle-ci lui procure ; qu'en admettant, enfin, que l'argumentation des appelants pût atteindre l'œuvre de la distillation, qui suffit, même selon eux, pour donner au produit une valeur marchande,

elle ne justifierait pas l'œuvre bien distincte d'épuration, qui poursuit la création d'un produit perfectionné ;

Attendu, en fait, que, si l'on se reporte aux actes qui ont consacré l'établissement des mines et usines de Chevigny, il est facile de se convaincre du but poursuivi ; que, quelles que fussent leurs intentions relativement à la concession minière, les s^{rs} Rérolle et consorts adressaient, dès le 30 août 1861, à M. le préfet de Saône-et-Loire, une pétition tendant à obtenir l'autorisation d'établir leurs usines et que, par arrêté du 4 février 1862, cette autorisation était accordée à la fois pour une usine de distillation et une usine d'épuration ; que lesdites usines étaient mises en feu au cours de la même année, alors que la concession minière était seulement obtenue le 15 juillet 1864 ;

Qu'il résulte de ces rapprochements que les s^{rs} Rérolle et consorts ont eu, avant tout, l'intention de créer un établissement manufacturier, auquel la concession minière était destinée à fournir un aliment plus économique, mais qui pouvait s'approvisionner en dehors d'elle ;

Qu'on ne comprendrait pas autrement la création onéreuse d'une double usine en vue d'une concession qui pouvait être refusée, et de l'exploitation d'un minerai qui pouvait donner des résultats plus ou moins négatifs ;

Qu'il n'est pas sérieux de prétendre que cette construction s'imposait en vue d'essais en grand auxquels il fallait procéder pour obtenir la concession elle-même ; qu'il est, en effet, de toute évidence que ces essais étaient réalisables ailleurs que dans une usine spécialement construite à cette intention et qu'ils n'impliquaient en aucune manière l'établissement d'une usine d'épuration ;

Attendu que, depuis l'époque de leur fondation et par des phases diverses, les usines et concession de Chevigny ont fonctionné selon les intentions premières de leurs créateurs, ne se contentant pas de distiller le minerai, mais soumettant le produit de la distillation, par lui-même marchand, à des opérations nouvelles et distinctes d'épuration par l'acide sulfurique, en vue de créer un produit perfectionné et dénommé par eux « Pétrole Français », qui a été livré au commerce dans des conditions de nature, ainsi que l'ont dit les premiers juges, à révéler chez les vendeurs la condition de commerçants ; que le but poursuivi étant ainsi nettement caractérisé, il est facile de concevoir comment les appelants ont accepté sans protestation la patente qui leur a été infligée ;

Attendu qu'il résulte de ce qui vient d'être dit que les points cotés dans les conclusions subsidiaires des appelants ne sont ni concluants, ni pertinents; qu'il n'y a, par suite, lieu de s'arrêter à ces conclusions;

Attendu que lesdits appelants ne sauraient donc se prévaloir des dispositions de l'article 32 de la loi du 21 avril 1810 et qu'ils sont, au contraire, soumis à la règle de compétence déterminée par l'article 632 du code de commerce;

Adoptant au surplus les motifs des premiers juges;

La cour,

Ouï les avoués et avocats des parties, ainsi que M. l'avocat général, en ses conclusions, et après en avoir délibéré conformément à la loi, sans s'arrêter à l'appel émis par les s^{rs} Rérolle et consorts envers le jugement du tribunal de commerce de Romans, en date du 24 août 1895, pas plus qu'à leurs conclusions tant principales que subsidiaires dont ils sont démis et déboutés, confirme le jugement entrepris; dit qu'il sortira son plein et entier effet; condamne les appelants à l'amende et à tous les dépens.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

CONGÉ RENOUELABLE.

Arrêté du 3 juin 1896. — **M. de Curières de Castelnau**, Ingénieur en Chef de 1^{re} classe, chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Saint-Étienne et de la direction de l'École des Mines de Saint-Étienne, est mis, sur sa demande, en congé renouvelable de cinq ans et autorisé à accepter les fonctions d'Ingénieur-Conseil de la Compagnie des mines de la Grand'Combe.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 4 juin 1896. — **M. Tauzin**, Ingénieur en Chef de 2^e classe, chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Toulouse, est chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Saint-Étienne et de la direction de l'École des Mines de Saint-Étienne, en remplacement de **M. de Curières de Castelnau**, mis en congé renouvelable.

Arrêté du 4 juin. — **M. Dougados**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Lyon, et du 3^e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, est chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Toulouse, en remplacement de **M. Tauzin**.

M. Dougados remplira les fonctions d'Ingénieur en Chef.

Arrêté du 24 juin. — **M. Laurans**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Moulins, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Lyon et du 3^e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de **M. Dougados**, appelé à une autre destination.

M. Laurans reste, d'ailleurs, chargé provisoirement d'assurer le service du sous-arrondissement minéralogique de Moulins.

II. — Contrôleurs des mines.

NOMINATIONS.

3 juin 1896. — **M. Félix** (Louis), ancien Élève breveté de l'École des Maîtres-Ouvriers mineurs d'Alais, sorti, en 1890, avec le n° 3, est nommé Contrôleur de 4^e classe et attaché, dans le département des Côtes-du-Nord, à la résidence de Saint-Brieuc, aux services du sous-arrondissement minéralogique du Mans et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Ouest.

13 juin. — **M. Desvignes** (Laurent), ancien Élève breveté de l'École des Maîtres-Ouvriers mineurs de Douai, sorti, en 1891, avec le n° 1, est nommé Contrôleur de 4^e classe et attaché, dans le département du Pas-de-Calais, à la résidence d'Arras, au service du sous-arrondissement minéralogique d'Arras.

24 juin. — **M. Balmitgère** (Georges), Commis des Ponts et Chaussées, admissible au Concours de 1894, avec le n° 7, est nommé Contrôleur de 4^e classe et attaché, dans le département de la Seine, à la résidence de Paris, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer du Nord.

CONGÉS RENOUELABLES.

24 juin 1896. — **M. Mercier**, Contrôleur de 3^e classe, est maintenu, sur sa demande, dans la situation de congé renouvelable pour une nouvelle période de cinq ans et autorisé à continuer de s'occuper de recherches de mines en Tunisie et en Algérie.

24 juin. — **M. Maillon**, Contrôleur de 1^{re} classe, est maintenu sur sa demande, dans la situation de congé renouvelable pour une nouvelle période de cinq ans et autorisé à accepter les fonctions d'Ingénieur adjoint au service de la C^{ie} des chemins de fer à voie étroite de Saint-Étienne, Rive-de-Gier et extensions, à la résidence de Saint-Étienne.

DÉCISIONS DIVERSES.

17 juin 1896. — **M. Denizet**, Contrôleur de 3^e classe, attaché, dans le département de la Seine, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer du Nord, passe au service de surveillance des appareils à vapeur du même département.

20 juin. — M. Larmanou, Contrôleur de 4^e classe, attaché dans le département de la Gironde, à la résidence de Bordeaux, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans et de l'État, est attaché, en outre, au service du sous-arrondissement minéralogique de Bordeaux-Nord.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 12 juin 1895. — Le Contrôle de l'exploitation du chemin de fer industriel des mines de Montvicq et de Commentry, port de Montluçon, actuellement rattaché au service du Contrôle du réseau d'Orléans, sera exercé, sous la direction de l'Ingénieur en Chef de l'arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand, par le personnel du sous-arrondissement minéralogique de Moulins.

Arrêté du 13 juin. — Le service de surveillance de l'exploitation de la ligne de Voves à Toury (réseau de l'État) est rattaché, savoir :

1^o Pour l'inspection de la voie et des bâtiments, au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Tours ;

2^o Pour l'inspection de l'exploitation technique, au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Tours ;

3^o Pour l'inspection de l'exploitation commerciale, à la 1^{re} circonscription d'Inspecteur ;

4^o Pour la surveillance administrative, au commissariat d'Orléans-État.

Arrêté du 20 juin. — Le service du Contrôle de l'exploitation de la ligne de Saint-Pierre-du-Vauvray aux Andelys (réseau de l'Ouest) est rattaché, savoir :

1^o Pour le Contrôle de la voie et des bâtiments, au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Paris ;

2^o Pour le Contrôle de l'exploitation technique, au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire à Paris ;

3^o Pour le Contrôle de l'exploitation commerciale, à la 1^{re} circonscription d'Inspecteur ;

4^o Pour la surveillance administrative, au Commissariat de Mantes.

Fig. 3.4

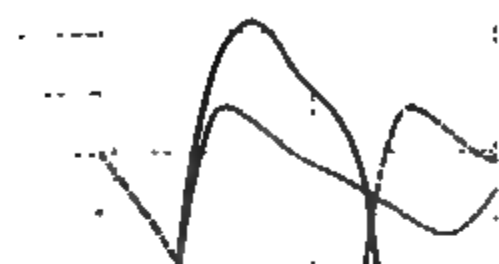


Fig. 9.



$\frac{1}{25}$

Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

**PÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
POMPES ET VENTILATEURS**

Moteur accouplé directement à une pompe

& O. G. PIERSON

— 1 boulevard Montmartre, 54

PARIS

SIN D'EXPOSITION

... Lafayette 47

COMPAGNIE INTERNATIONALE

DES PROCÉDÉS ADOLPHE SEIGLE

ÉCLAIRAGE, CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE PAR LES HYDROCARBURES LOURDS

CHAUDIÈRES MARINES — MOTEURS FIXES
GÉNÉRATEURS DE VAPEUR POUR TRAMWAYS, VOITURES AUTOMOBILES,
EMBARCATIONS DE PLAISANCE, ETC.

SOCIÉTÉ ANONYME. CAPITAL : 2 MILLIONS
ADMINISTRATION CENTRALE : 147, rue de Courcelles, PARIS

ÉCLAIRAGE ÉCONOMIQUE

DES FORGES, FONDERIES, LAMINOIRS, MINES, CHANTIERS, ETC.

PAR LES

GAZÉIFICATEURS ADOLPHE SEIGLE

(Brevetés en Europe et en Amérique).

Appareils simples, robustes et portatifs
donnant avec les huiles lourdes de goudron et autres hydrocarbures à bas
marché,

même par les plus grands vents
et la pluie

un énorme foyer de grande intensité
lumineuse et absolument
fumée.

ADOPTÉS PAR LES MINISTÈRES

ET DE LA MARINE

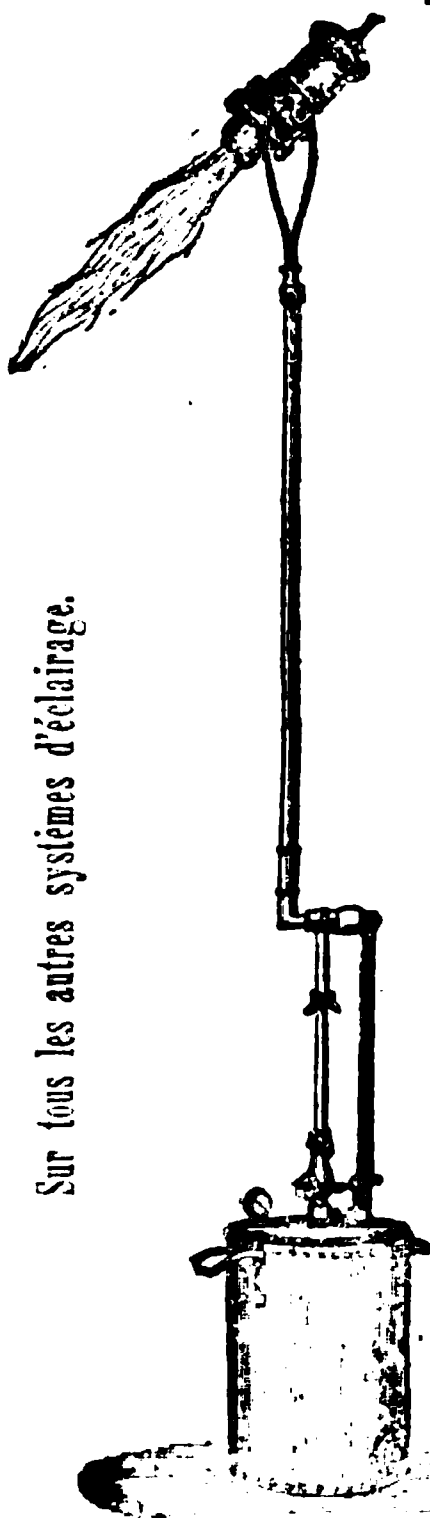
LES PONTS ET CHAUSSEES

LES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER

LES GRANDES ENTREPRISES

ET LES GRANDES INDUSTRIES

ET DE L'ÉTRANGER



COLLECTION ET VENTE CONDITIONNELLE DES APPAREILS

Demander les renseignements à l'Administration centrale.

ÉCONOMIE DE 50 A 80 0/0

Sur tous les autres systèmes d'éclairage.

MOTEURS UNIVERSELS

système Grob, breveté S. G. D. G.

18 - 56, rue Lafayette, 56 - PARIS

ÉCONOMIE

SÉCURITÉ



seuls fonctionnant sans reproche au
pétrole d'éclairage ordinaire
et sans carburateur.

PLUS DE 3,500 MOTEURS EN MARCHÉ



consommation de pétrole, environ un demi-litre par cheval-heure

Médailles d'Or et d'Argent. — Toute garantie.

COMPAGNIE FRANÇAISE

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

ARSON - HOUSTON

CAPITAL: 5.000.000 DE FRANCS

Transmission de l'Énergie à grande distance

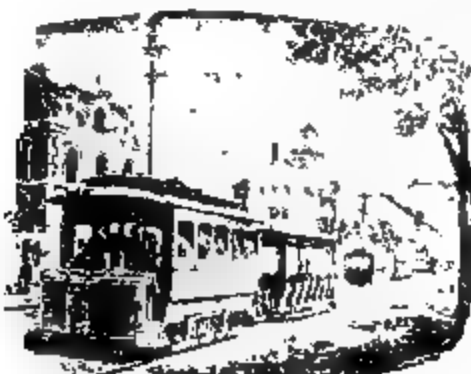
PAR COURANTS TRIPHASÉS

ARMATEURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

transformateurs de courant triphasé en courant continu

TRACTION ÉLECTRIQUE

à Le Havre. - Lyon. - Rouen. - Bordeaux. - Roubaix
Ming - Le Raincy - Milan. - Varese. - Rome. - Porto
Ming. - Bristol. - Leeds. - Gotha. - Brème. - Hambourg. - Erfurt
- Elbing. - Munich. - Elberfeld. - Wiesbaden



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES à ROTATION et à PERCUSSION

HACHEUSES

Locomotives bases pour mines

Rue de Valenciennes, 10 - PARIS

EXPLICATION DES PLANCHES.

AOUT.

Pl. IV. — Théorie de la stabilité des locomotives.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT AUX ANNALES DES MINES

Pour Paris	20 fr. par an
Pour les Départements	24 fr. —
Pour l'Etranger.	28 fr. —

Les ANNALES DES MINES paraissent tous les mois.

N. B. — On peut se procurer aux mêmes prix chacune des années parues depuis 1862 inclusivement.

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE

LE PRATICIEN INDUSTRIEL

DIRECTEUR : A. GOOD, ingénieur des Arts et Manufactures.
SECRÉTAIRE : J. LOUBAT, ancien élève de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers d'Aix.

Journal bi-mensuel rédigé par demandes et par réponses

contenant des informations techniques et des communications diverses au point de vue de l'Industrie, des Travaux publics, des Mines, etc.

Un an, 10 fr. — Six mois, 6 fr. — Trois mois, 3 fr. 50.

Un numéro spécimen est envoyé gratuitement sur demande affranchie.

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

MÉMOIRES ET DOCUMENTS CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE DES VOIES FERRÉES

Abonnement pour Paris et la France. 25 fr. par an.
— pour l'étranger 28 fr. —

BIBLIOTHÈQUE DU CONDUCTEUR DE TRAVAUX PUBLICS

ENSEMBLE DES CONNAISSANCES INDISPENSABLES AUX CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET CONDUCTEURS MUNICIPAUX, CONTRÔLEURS DES MINES, AGENTS VOYERS, CHEFS DE SECTION, ARCHITECTES VOYERS, ENTREPRENEURS, CONDUCTEURS DE TRAVAUX, INSPECTEURS, VÉRIFICATEURS, ETC.

publiée sous les auspices de

M. le Ministre des Travaux Publics

VOLUMES PARUS :

Mathématiques	8 fr. 50	Mécanique, Hydraulique,	
Physique et Chimie	8 » 50	Thermodynamique	9 fr.
Bois et Métaux	8 »	Voie publique	12 »
Droit civil	8 »	Hydraulique agricole	12 »
Machines hydrauliques	10 »	Organisation des services	8 »
Hygiène	7 » 50		

D'autres parties sont en préparation et paraîtront de mois en mois sous forme de volumes portatifs de 350 pages environ, format in-16, élégamment reliés.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

Les Éditeurs-Gérants : V^e CH. DUNOD et P. VICQ.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉS

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME X.

9^{me} LIVRAISON DE 1896.

PARIS

V^{me} CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1896

TABLE DES MATIÈRES.

SEPTEMBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

	Pages.
Théorie de la stabilité des locomotives (Seconde partie) (<i>Suite et fin</i>), par M. J. Nadal.....	291
Sur un mode particulier d'avaries le long des rivures de chaudières, par M. C. Walckenaer.....	367

BULLETIN.

Statistique de l'industrie minérale des États-Unis en 1894 et en 1895.	387
Statistique de l'industrie minérale du Canada en 1895. . . .	389
Statistique de l'industrie minérale de la Norvège pour les années 1891, 1892 et 1893	390

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Juillet.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploi- tation, etc.	405
Circulaires et instructions adressées aux préfets, aux ingénieurs des mines, etc..	420
Jurisprudence.	427
Personnel	433

SAUTTER, HARLÉ & C

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS — 26, Avenue de Suffren, 26 — PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889 — HORS CONCOURS — JU

ÉCLAIRAGE TRANSPORT DE FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

ASSERVISSEMENT & COMMANDE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉS A

L'OUTILLAGE  DES MINES

POMPES

APPAREILS

VENTILATEURS

DE
LEVAGE

TRANCHEUSES

Treuil

PERFORATRICES

GRUES

Trieuses

MONTE-CHAM

PERCEUSES

Transbord

Compresseurs

D'AIR

PLANS

Inclinaison

PRINCIPALES INSTALLATIONS

Aux MINES

d'ASPRIÈRES

BLANZY

BRUAY

DADOU

DECAZEVILLE

FRIEDRICHSSGEN

LAURIUM

MALINES

MIÈRES

MEURCHIN

VIEILLE-MONTAGNE

ETC., ETC.

Saône

Pr

Ts

Av.

Gré

Hé

Astu

No

Da

t-LA

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889
2 MÉDAILLES D'OR
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL ^{POUR} MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

**RENDEMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI
DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE
CONNU A CE JOUR.**

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS ^{POUR} EXTRACTION ^{ET} FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS
TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système **MAGINOT & PINETTE**

POMPES ÉLEVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLEVATION D'EAU
pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, B^{TE} S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINÉRAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSION DÉTERMINÉE

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DESCHISTAGE
TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORT

CHEVALEMENTS MÉTALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOL

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parac

PALIER A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR
LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUD

DEVIS. ÉTUDES D'INSTALLATIONS RENSEI

CHALON-S.-SAONE (FRANCE)

MAISON FONDÉE EN 1890
Personnel — 250 Ouvriers

*** PINETTE**

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDAGE

. BECOT

Ing^r civil

(A. et M.)

, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGIRAS

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel, et

PUITS ARTÉSIENS, Puits ABSORBANTS

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS

CAPTAGE DE SOURCES

VENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDAGE

Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

ERIE ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES

LE ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION MÉDAILLE
ent de vertmelli
1893

CHIMINÉES EN BRIQUES ET EN TÔLE
CHAUDRONNERIE EN FER ET EN CUIVRE EN TOUS GENRES
ÉPARATIONS, PIQUAGE ET NETTOYAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DE TOUS SYSTÈMES
PRÉPARATION DES ÉPREUVES DÉCENNALES DES APPAREILS A VAPEUR
NOUVEAU SYSTÈME DE FOYER MÉTALLIQUE ET APPAREIL FUMIVORE BREVETÉ S. G. D. G.



MIN DÉROCHE

24, rue Labois-Rouillon, PARIS

Massifs de Machines, Fournitures pour Usines
RÉSERVOIRS EN CIMENT, EN TÔLE, ETC.

Fours pour toutes Industries

Applications générales de l'électricité. — Installations particulières
PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

MAISON FONDÉE EN 18

L. DUMON

PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue d'Italy

POMPES CENTRIFUGES

MÉDAILLE D'OR

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889



APP

POM

8.500 APPL

IC

Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres

LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX

Les plus Hautes Récompenses aux Expositions

COSSET-DOUBRILLE FILS

LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE

3, rue de Toul, 3

3, rue de Toul, 3

Verres divers

CAOUTCHOUC-AMIANTE

Gerblanterie

EXÉCUTÉES SUR DESSINS

Flambeaux pétrole pour pompiers

LAMPES A GAZ

A RÉCUPÉRATION

Fournisseur des Grandes Administrations

ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL

TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION

FONDERIE DE CUIVRE, TORNAGE & DÉCOUPAGE

Coton-Mèche

Toiles métalliques

Rivets et fils de plomb

AMADOU

Emboutissage de tous Métaux

LAMPES DE FONDEURS

succès
de
16 ANS

CARBONYLE

le plus efficace et moins cher que goudron, coaltar, etc.
principales mines de France
FRANÇOISE DU CARBONYLE, 188 190, Faubourg Saint Denis, Paris.
Seule Maison en France, fabriquant spécialement ce produit

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINE

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEUR

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET

MACHINE A BRIQUET

Simple, Robuste et pe

PRODUISANT A VOLONTÉ

BRIQUETTES PLEINES OU

Pression élastique. — Cohésion 80 %

Agglomération de minerais de fer ou de marges
résidus de pyrites ou autres matières à l'état
verreux pour en faciliter le traitement dans
hauts fourneaux, etc., etc

MACHINE A BOULETS

PLEINS OU PERFORÉS

250.000 BOULETS DE BOULE, etc.

PLEINS OU PERFORÉS PAR JOUR

L'Agglomération sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons maigres
la calcination des minerais.

*Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 11 heures,
à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.*

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à briquettes pour chemins de fer et chaudières de va
BROYEURS-PULVERISATEURS, broyage par percussion, Engrais, Charbons, Minerais, etc.

BROYEURS A MEULES, broyage et malaxage de matières quelconques.

CRIBLES ROTATIFS ou A SECOUSSSES, classement des matières sèches.

LAVOIRS A BRAS ou A VAPEUR, classement par densité. Lavage des bouilles.

MACHINES A BRIQUES à levier, pour terre ferme et demi-ferme, 6 à 7.000 par jour.

MACHINE A AGGLOMERER à pression simultanée sur deux faces, pour ciment, sucre, etc.

**FOURS SECHEURS, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEURS,
MALAXEURS, ETC., ETC.**

Th. DUPUY et FILS

5 MÉDAILLES D'OR

CONSTRUCTEURS — PARIS 4 MÉDAILLES D'OR

THÉORIE DE LA STABILITÉ DES LOCOMOTIVES

(SECONDE PARTIE) (*)

MOUVEMENT DE LACET

Par M. J. NADAL, Ingénieur des Mines

(*Suite et fin*) (*).

CHAPITRE II (*suite*).

XII. — Circulation en courbe.

Quand un véhicule se déplace sur une courbe, le boudin de la roue d'avant extérieure a tendance à rester en contact avec le rail. Ce contact persiste-t-il, dans une locomotive, quoiqu'il y ait des forces tendant à lui imprimer un mouvement de rotation sur elle-même ? Cela dépend de la valeur relative du moment produisant la rotation et du moment résistant. Il y a donc lieu de rechercher tout d'abord quelles sont les forces de frottement qui sont développées entre les roues et les rails dans le mouvement d'une machine, ou plus généralement d'un véhicule quelconque, en courbe.

Considérons un essieu seul, se déplaçant sur une courbe de rayon R . Traçons trois cercles concentriques, O_1 , O et O_2 , avec les rayons $R + \epsilon$, R et $R - \epsilon$, ϵ étant le demi-

(*) Voir tome IX, 4^e livr. 1896, p. 413-467, et tome X, 8^e livr. 1896, p. 232-288.

L'angle au centre $CO_0C' = di$ a pour valeur :

$$di = \frac{Vdt}{R}.$$

Connaissant α , $d\beta$, di , nous allons chercher α' , angle que fait avec le rayon $C'O_0$ l'essieu dans sa nouvelle position.

Il est visible, sur la *fig. 12*, qu'on a :

$$\text{angle } x = \alpha + di = \alpha' + d\beta,$$

d'où :

$$\alpha' = \alpha + di - d\beta.$$

Il en résulte que, si $di > d\beta$ ou $\frac{Vdt}{R} > \frac{\omega \varepsilon' \gamma}{e} dt$, l'angle α' est plus grand que α , et l'essieu prend une position de plus en plus oblique. Cette obliquité est limitée par le jeu de la voie dans un véhicule à plusieurs essieux, et il arrive par suite un moment où l'angle α doit rester constant. L'écart angulaire $di - d\beta$ doit alors être rattrapé par un glissement des roues.

Il est à remarquer que chacune des roues d'un essieu peut glisser d'une quantité différente, surtout si la pression sur les rails n'est pas la même. Ces glissements et les forces de frottement qui en résultent sont tels que l'essieu doit se trouver en équilibre, en tenant compte de toutes les forces appliquées (*). Mais on peut admettre ordinairement que les glissements sont les mêmes pour chaque roue, égaux à :

$$e(di - d\beta) = e \left(\frac{V}{R} - \frac{\omega \varepsilon' \gamma}{e} \right) dt,$$

et que les forces de frottement sont alternes par rapport à la direction de l'essieu.

(*) Voir : *Théorie du mouvement en courbe*, par M. LÉON POCHET, librairie Dunod ; — et *Revue générale des chemins de fer*, février 1883.

La condition $di = d\beta$ donne la courbe limite pour laquelle un essieu, profitant de tout le jeu de la voie, peut rouler parfaitement. En posant : $\varepsilon = 0^{\text{m}},015$, $\gamma = \frac{1}{15}$, $e = 0,75$, $r = 0^{\text{m}},60$, on trouve :

$$R = 450 \text{ mètres.}$$

Nous allons maintenant étudier les forces de frottement dans le cas de plusieurs essieux solidaires et parallèles, quand l'axe de la machine ou du véhicule conserve une même position sur la courbe, c'est-à-dire quand les centres des essieux restent sur les mêmes circonférences concentriques.

Supposons qu'il s'agisse d'un véhicule à quatre essieux et considérons l'essieu d'avant, dont le centre se trouve à la distance ε_1 de la circonférence moyenne O et qui fait l'angle α_1 avec le rayon passant par son centre.

Comme on l'a vu plus haut, la roue extérieure glisse longitudinalement vers l'avant d'une quantité sensiblement égale à :

$$(1) \quad e (di - d\beta) = \omega dt \left(\frac{er}{R} - \varepsilon_1 \gamma \right).$$

En outre, la translation du véhicule qui s'effectue avec une vitesse V , sensiblement égale à ωr , a pour effet de déplacer le centre de l'essieu sur l'axe du véhicule CG et de faire venir le point C en C' (*fig. 13*). Mais, comme nous avons supposé au début que le centre de chaque essieu reste sur la même circonférence, il faut que le point C' vienne en C_1 et qu'il y ait, par suite, un glissement vers l'intérieur de la voie égal à :

$$(2) \quad Vadt = \omega r \alpha dt.$$

L'expression (1) donne le glissement longitudinal, et l'expression (2), le glissement transversal. La résultante

conséquent, tous nos éléments inconnus sont fonction de ζ et de θ .

Soient (*fig. 14*): OO , l'axe de la voie; A_1, A_2, A_3, A_4 , les centres des essieux; G , le centre de gravité qui se trouve à la distance ζ de OO . L'axe A_1GA_4 fait avec le rayon GO_0 l'angle $\frac{\pi}{2} + \theta$.

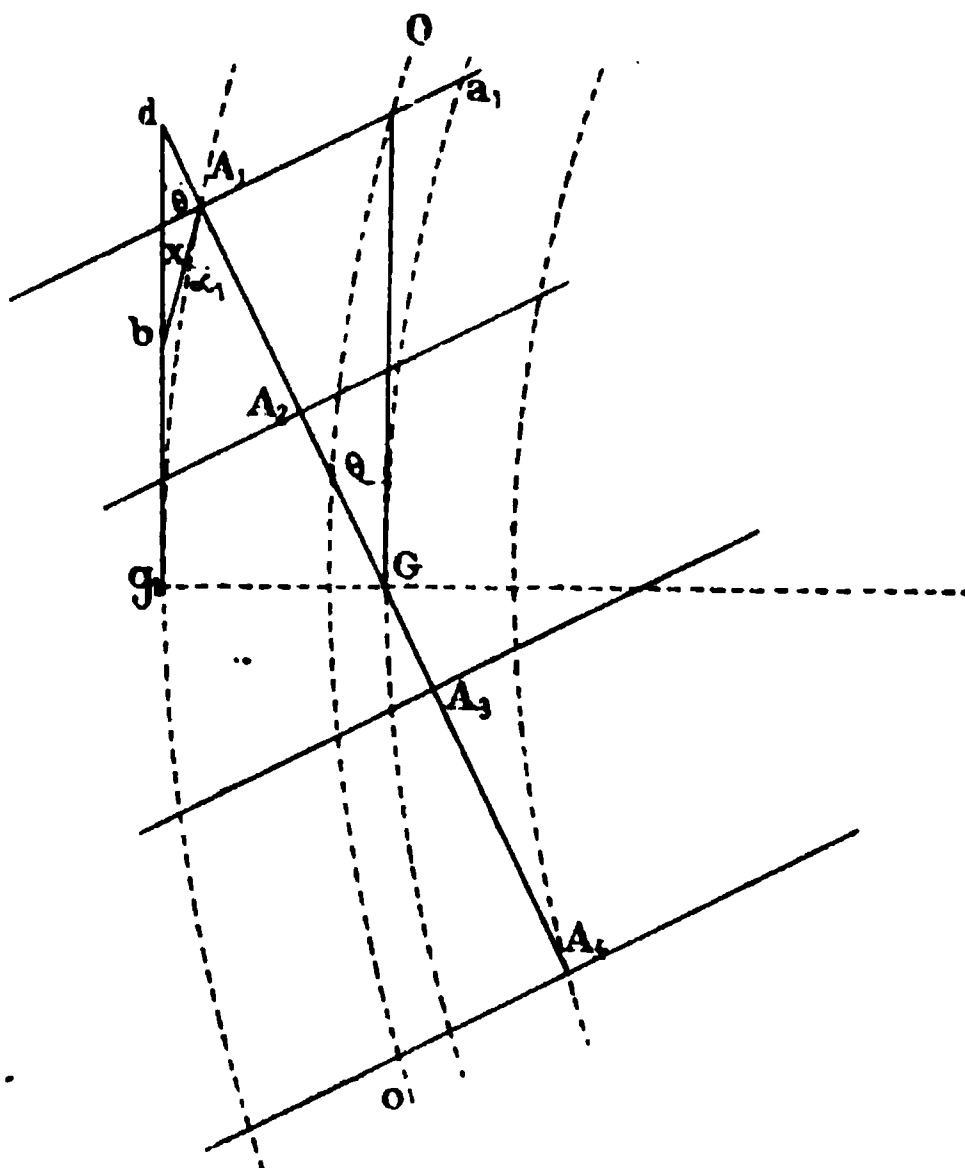


FIG. 14.

Cherchons d'abord la valeur de α_1 . En considérant le petit triangle A_1bd , on a :

$$\alpha_1 = \theta + x.$$

Or, l'angle x n'est autre que l'angle de contingence de l'arc g_1A_1 , très petit par rapport au rayon de la courbe ; il est donc égal au quotient de cet arc par le rayon de courbure R . L'arc g_1A_1 est égal, à un infiniment petit du

second ordre près, à la distance l_1 de A_1 au centre de gravité ; donc :

$$x = \frac{l_1}{R},$$

et :

$$\alpha_1 = \theta + \frac{l_1}{R}$$

On a de même :

$$\alpha_2 = \theta + \frac{l_2}{R}.$$

Pour les centres A_3 et A_4 qui sont de l'autre côté du centre de gravité, un raisonnement identique montre qu'on a :

$$\alpha_3 = \theta - \frac{l_3}{R};$$

$$\alpha_4 = \theta - \frac{l_4}{R}.$$

Si le prolongement de l'axe A_1A_4 se trouvait à gauche de la tangente en A_4 , au lieu de se trouver à droite, la valeur de α_4 aurait le signe contraire.

On voit ainsi que, pour les essieux qui se trouvent en arrière du centre de gravité, l'angle de la roue avec le rail va en diminuant ; les essieux se rapprochent donc de la position radiale.

Cherchons maintenant les valeurs des ϵ en fonction de θ et de ζ . Dans le triangle curviligne formé par les droites GA_1 , A_1a_1 et par l'arc de cercle Ga_1 , où l'angle en G est très petit, on voit que le côté A_1a_1 , c'est-à-dire $\epsilon_1 + \zeta$, est égal, à une quantité du second ordre près, à $l_1\theta$ plus la distance δ du point a_1 de la circonférence à la tangente en G . On a donc :

$$\epsilon_1 + \xi = l_1\theta + \delta.$$

Or :

$$\delta = \frac{l_1^2}{2R}$$

donc :

$$\epsilon_1 = l_1\theta - \xi + \frac{l_1^2}{2R}$$

On a une expression analogue pour ϵ_2 , et, pour ϵ_3 , il vient :

$$\epsilon_3 = l_3\theta + \xi - \frac{l_3^2}{2R}.$$

L'expression générale est :

$$\epsilon = l\theta \mp \left(\xi - \frac{l^2}{2R} \right).$$

Nous sommes donc en mesure d'exprimer les angles μ que font les forces de frottement avec les directions des essieux, en fonction des deux seules variables θ et ζ .

L'angle θ resterait invariable, si le mouvement de la locomotive en courbe était uniforme. Mais il n'en est pas ainsi ordinairement à cause du moment des forces de la vapeur qui sollicite une locomotive à tourner sur elle-même. En thèse générale, θ doit donc varier.

Supposons qu'il y ait une déviation $d\theta$ vers l'intérieur de la voie. Aux glissements élémentaires précédemment calculés, pour l'essieu d'avant par exemple, il faudra ajouter un glissement longitudinal $ed\theta$ et un glissement transversal $ld\theta$.

Les composantes du glissement élémentaire sont donc au total :

$$\text{transversalement... } V\alpha_1 dt + ld\theta = V\theta dt + \frac{Vl_1}{R} dt + l_1 d\theta;$$

$$\text{longitudinalement.. } \omega dt \left(\frac{er}{R} - \epsilon_1 \gamma \right) + ed\theta;$$

et la tangente de l'angle μ que fait la force de frottement avec le rail est :

$$\operatorname{tg} \mu_1 = \frac{\omega dt \left(\frac{er}{R} - \epsilon_1 \gamma \right) + ed\theta}{V\theta dt + \frac{Vl_1}{R} dt + l_1 d\theta} = \frac{e \left(\omega \frac{r}{R} dt + d\theta \right) - \omega \gamma dt}{l_1 \left(\omega \frac{r}{R} dt + d\theta \right) + V\theta dt}.$$

Si je considère (*fig. 15*) la perpendiculaire AF à AG , l'angle μ_0 qu'elle fait avec l'essieu a pour tangente :

$$\operatorname{tg} \mu_0 = \frac{e}{l}.$$

L'angle μ_1 est plus petit que μ_0 , et cela est vrai pour les essieux d'avant dont le centre est vers l'extérieur de l'axe de la voie. Donc la force J_1 est comprise dans

l'angle \widehat{FAE} , et son moment est compris entre fPd et fPl .

Quand le rayon de la courbe est très grand, le dernier terme du numérateur de $\operatorname{tg} \mu_1$ peut se trouver plus grand que le premier terme, entre parenthèses, et la valeur de $\operatorname{tg} \mu_1$ est alors négative. La force de frottement se trouve alors comprise dans l'angle EAL et finit par donner un moment de rotation favorable lorsqu'elle passe de l'autre côté du prolongement de GA vers AL .

En résumé, la direction des forces de frottement est facile à déterminer pour tous les essieux, et nous ne croyons pas nécessaire d'insister plus longuement à ce sujet.

XIII. — Mouvement de lacet en courbe.

En courbe, comme en alignement, une locomotive est animée d'un mouvement de translation suivant son axe longitudinal, avec une vitesse V , et d'un mouvement de rotation autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité.

Supposons d'abord que la machine soit libre sur la voie et soit $A a_2 a_3 a_4$, son empattement rigide (*fig. 15*); chacun des quatre points A, a_2, a_3, a_4 correspond au rayon vertical passant par le boudin de chaque roue et se trouve à une certaine distance du rail.

de l'axe de la voie, et le boudin de la roue extérieure a_1 tend à venir en contact avec le rail. S'il se trouve à droite, c'est le contraire qui arrive.

L'angle de la roue α_1 avec le rail, ou de l'essieu avec le rayon de la courbe passant par son centre, étant α_1 , la distance du point C' à la circonférence passant par C_1 est $V\alpha_1 dt$. Donc le point C' se trouvera à droite ou à gauche de la circonférence C_1 , suivant qu'on aura :

$$Va_1 dt < \text{ou} > l_1 \frac{d\theta}{dt} dt.$$

Ainsi, la condition pour que le boudin de la roue extérieure d'avant ne vienne pas en contact avec le rail, ou pour que, étant en contact, celui-ci cesse, est :

$$Va_1 < l_1 \frac{d\theta}{dt},$$

qu'on peut écrire, en remplaçant α_1 par sa valeur en fonction de θ :

$$(A) \quad v \left(\theta + \frac{l_1}{R} \right) < l_1 \frac{d\theta}{dt}.$$

Nous supposons maintenant que le boudin de la roue extérieure d'avant est en contact avec le rail, et nous allons chercher dans quels cas la condition ci-dessus pourra être réalisée.

Du moment qu'il y a contact, le centre de l'essieu d'avant reste à une distance fixe de l'axe de la voie et est animé d'un mouvement circulaire uniforme. En même temps, la locomotive peut prendre un mouvement de rotation autour de ce centre de l'essieu d'avant. Soient I_1 le moment d'inertie de la machine; N , le moment des forces agissant sur les longerons; M_1 le moment des forces de frottement par rapport à l'axe vertical passant par C_1 . Comme on peut négliger la force d'inertie d'entraînement, l'équation du

mouvement de rotation sera simplement :

$$I_1 \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M_1.$$

Il faut déterminer le sens du moment M_1 .

On a vu dans le paragraphe précédent que, pour une valeur donnée, constante, de θ , l'angle que fait avec l'essieu la force de frottement d'une roue sur le rail est donnée par :

$$\operatorname{tg} \mu_n = \frac{\frac{er}{R} - \varepsilon_n \gamma}{ra_n} = \frac{\frac{er}{R} - \varepsilon_n \gamma}{r \left(\theta \pm \frac{l_n}{R} \right)},$$

la quantité ε_n étant positive si le centre de l'essieu se trouve à l'extérieur de l'axe de la voie, et négative dans le cas contraire ; en outre, le dénominateur prend le signe $+$ ou le signe $-$ devant $\frac{l_n}{R}$, suivant que l'essieu se trouve placé en avant ou en arrière du centre de gravité.

Dans une locomotive à quatre essieux les forces de frottement des deux essieux d'avant sont telles que J_1, J'_1, J'_2, J'_2 (fig. 16).

Pour les essieux d'arrière, il y a deux directions possibles, suivant que θ est plus grand ou plus petit que $\frac{l_n}{R}$.

L'angle θ est d'autant plus petit que la roue extérieure d'arrière est plus rapprochée du rail. Dans ce cas, on peut avoir, si R n'est pas trop grand,

$$\theta < \frac{l_n}{R},$$

les forces d'arrière sont telles que J_3, J'_3, J_4, J'_4 .

D'ailleurs :

$$\operatorname{tg} \mu_4 = \frac{e \frac{r}{R} - \varepsilon_4 \gamma}{-l_4 \frac{r}{R} + r\theta};$$

les quantités $\varepsilon_4 \gamma$ et $r\theta$ sont très petites comparativement à $e \frac{r}{R}$ et $l_4 \frac{r}{R}$, d'où il résulte qu'on peut poser approximativement :

$$\lg \mu_1 = \frac{e}{l_1},$$

et que la force J_4 est sensiblement perpendiculaire à la ligne joignant le point de contact de la roue au centre de gravité. Soit d_4 la distance de ces deux points. Le moment de J_4 par rapport au centre de gravité est : $f P_4 d_4$.

Si on prend le moment de toutes les forces par rapport au centre de l'essieu d'avant, on voit que les forces de frottement des premier, troisième et quatrième essieux tendent à faire tourner de droite à gauche ; celles du deuxième essieu donnent un moment contraire, mais assez faible. Le moment total, M_1 , tend donc à faire tourner de droite à gauche, c'est-à-dire est positif. Si le moment N est négatif et plus grand que M_1 en valeur absolue, il pourra y avoir rotation de gauche à droite, et l'angle θ diminuera. Mais, le plus ordinairement, c'est le contraire qui a lieu, car M_1 est presque toujours plus grand que N , si θ est petit. Alors il y a rotation de droite à gauche, et θ augmente.

Quand $\theta = \frac{l_4}{R}$ ou $\frac{l_3}{R}$, c'est-à-dire quand l'un des essieux d'arrière est radial, la force J est dirigée suivant la tangente au rail. Donc, à mesure que θ augmente, le moment des forces de frottement des essieux d'arrière diminue.

Quand $\theta > \frac{l_4}{R}$, les forces de frottement d'arrière sont I_3, I'_3, I_4, I'_4 (*fig. 16*), et il arrive un instant où leur moment par rapport au centre du premier essieu change de sens.

L'analyse ci-dessus explique clairement pourquoi un

véhicule tend à prendre en courbe une position oblique, telle que le boudin de la roue extérieure d'avant est en

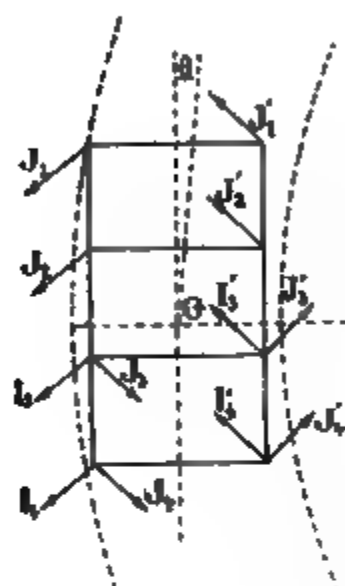


Fig. 16.

contact avec le rail et que l'essieu d'arrière arrive à la position radiale et doit même la dépasser d'une certaine quantité, de façon que les forces de frottement arrivent à se faire équilibre. Dans les courbes raides, l'essieu d'arrière ne peut arriver à la position radiale ; le boudin de la roue intérieure du dernier ou de l'avant-

dernier essieu entre en contact avec le rail.

Pour que le mouvement de rotation d'une locomotive soit possible, il faut que, dans la position où les forces de frottement donnent un moment résistant, M_1 , minimum, ce moment soit plus petit que le moment moteur N .

D'après ce que nous avons dit plus haut, le minimum du moment M_1 correspond à l'obliquité maxima de la machine. Pour avoir cette obliquité maxima, il suffit, après avoir tracé les deux circonférences de rayons $R + \epsilon$ et $R - \epsilon$ et avoir placé le centre de l'essieu d'avant sur la circonférence $R + \epsilon$, de faire tourner l'axe de la machine jusqu'à ce que le centre d'un des essieux d'arrière se trouve sur la circonférence $R - \epsilon$.

Cela équivaut, du reste, à une identification algébrique. Nous avons, dans le paragraphe précédent, exprimé $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$, en fonction de θ et de ζ . Si le boudin de la roue extérieure d'avant est en contact avec le rail, on a $\epsilon_1 = \epsilon$, demi-jeu de la voie. S'il en est de même pour la roue intérieure d'arrière, on a également : $\epsilon_4 = \epsilon$. Dès lors, les

deux équations :

$$\left. \begin{aligned} \epsilon &= l_1\theta - \zeta + \frac{l_1^2}{2R} \\ \epsilon &= l_2\theta + \zeta - \frac{l_2^2}{2R} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

permettent de trouver les deux inconnues θ et ζ . Ces valeurs de θ et ζ , étant substituées dans l'équation qui donne ϵ_3 :

$$\epsilon_3 = l_3\theta + \zeta - \frac{l_3^2}{2R},$$

doivent donner pour ϵ_3 une quantité plus petite que ϵ ; sinon, c'est le boudin de la roue intérieure du troisième essieu qui vient en contact avec le rail, et, dans le système des deux équations (1), il faut remplacer la deuxième par $\epsilon = \epsilon_3$.

La condition pour que ce soit le boudin de la roue du dernier essieu qui entre en contact est :

$$R > \frac{(l_1 + l_3)(l_1 + l_4)}{4\epsilon}.$$

Quoi qu'il en soit, on est en mesure de calculer, pour l'obliquité maxima, la valeur de $\text{tg } \mu$ en fonction du rayon de la courbe et de l'empattement, et de calculer aussi le moment M_1 . Il a, d'ailleurs, une expression algébrique trop compliquée pour qu'on puisse en tirer des conclusions générales.

Le moment M_1 peut être résistant, c'est-à-dire tendre à appliquer les boudins des roues contre les rails extérieur et intérieur, ou bien il peut tendre à redresser l'axe de la machine. Dans le premier cas le mouvement de rotation n'aura lieu que si le moment N acquiert des valeurs plus grandes que M_1 ; dans le second cas, il aura toujours lieu.

Trois cas peuvent, en définitive, se présenter suivant la grandeur du rayon de la courbe :

1° Dans les courbes de petit rayon, il n'y a pas de mou-

vement de rotation de l'axe de la locomotive, lequel prend et conserve sur la courbe l'obliquité maxima ;

2° Dans les courbes de rayon moyen, l'axe de la locomotive prend un mouvement de rotation autour du centre de l'essieu d'avant ; mais le boudin de la roue extérieure d'avant ne cesse pas de rester en contact avec le rail et la condition (A) n'est jamais satisfaite ;

3° Dans les courbes de grand rayon, la condition (A) est, à certains moments, satisfaite, et le mouvement de lacet s'effectue comme en alignement.

Il y a donc trois genres de courbes ; il n'est, d'ailleurs, pas possible de déterminer *a priori* les rayons limites, qui dépendent d'éléments variables, le moment N et le type de machine.

Dans les courbes du premier genre (petits rayons), il n'y a pas de chocs, mais seulement des réactions statiques des mentonnets sur les rails.

Dans les courbes du second genre, il y a des chocs sur le rail intérieur, mais de très peu d'importance.

Enfin, dans les courbes du troisième genre, il y a des chocs sur les rails extérieurs analogues à ceux qui se produisent en alignement.

Au point de vue des chocs, l'action nuisible des machines sur la voie doit donc être moins grande en courbe qu'en alignement.

Cependant, si, pour une cause accidentelle, le contact du boudin de la roue extérieure d'avant vient à cesser dans une courbe de petit ou de moyen rayon, quand ce contact se rétablira, il y aura un choc d'autant plus violent que l'obliquité possible de la machine est plus grande.

Réactions des mentonnets sur les rails. — Elles se calculent exactement comme au § IX ; mais il faut, en outre, tenir compte de la force centrifuge $\frac{PV^2}{gR}$ et de la

composante de la pesanteur sur le plan des rails due au dévers δ . Nous pouvons négliger la composante de la pesanteur due à la différence de charge des deux roues d'un même essieu et à la conicité (Voir le dernier alinéa du § V).

On a donc pour la réaction X , quand une machine est seule :

$$X = F - \frac{\Pi}{g} l \frac{d^2\theta}{dt^2} + P \left(\frac{V^2}{gR} - \delta \right).$$

Le terme $P \left(\frac{V^2}{gR} - \delta \right)$ est ordinairement négligeable.

Si l'accélération angulaire $\frac{d^2\theta}{dt^2}$ est nulle par suite du contact avec le rail du mentonnet de la roue d'arrière (dans les courbes de petit rayon), il faut introduire dans l'équation ci-dessus la réaction X' qui provient de ce contact.

En définitive, dans le cas d'une machine seule, le maximum de X est voisin de $f\Pi$, produit du poids de la machine par le coefficient du frottement, et est, par conséquent, du même ordre de grandeur qu'en alignement. Seulement, tandis qu'en alignement la réaction X n'agit sur le rail que d'une façon intermittente et chaque fois pendant un temps très petit, en courbe cette réaction agit constamment.

Jeu des essieux. — Si nous supposons que les essieux d'avant et d'arrière d'une machine soient munis de plans inclinés, l'obliquité maxima que peut prendre la machine est plus grande que si l'empattement rigide est total, et, par suite, la locomotive peut circuler dans des courbes plus raides. Il peut, en outre, y avoir mouvement de rotation sur toutes les courbes où le jeu des plans inclinés ne s'épuise pas complètement. Ce mouvement de rotation doit, d'ailleurs, être de peu d'amplitude, étant donnée la

grande résistance que lui opposent les plans inclinés. En courbe comme en alignement, la réaction du plan incliné vient en déduction de la réaction X exercée sur le rail par le premier essieu de l'empattement rigide.

XIV. — Action du tender et du train sur le mouvement de la locomotive.

Le tender exerce sur le mouvement de lacet de la locomotive une influence plus ou moins grande, suivant le système d'attelage. Ordinairement, l'attelage se compose d'un tendeur principal à vis, de deux autres tendeurs ou de deux chaînes de sûreté et de deux tampons analogues à ceux des wagons, c'est-à-dire entrant en contact avec les tampons opposés par des surfaces planes ou plutôt légèrement sphériques normales à l'axe des véhicules. Quelquefois la surface de contact des tampons, ou, si l'on veut, le plan tangent aux surfaces et passant au point de contact est incliné sur l'axe de la locomotive. Sur les machines d'express de la Compagnie d'Orléans, la normale à ce plan tangent passe à peu près par le centre de gravité de la locomotive.

Enfin, il existe des attelages spéciaux, que nous étudierons plus loin, dans lesquels les axes de la locomotive et du tender, quelle que soit leur position angulaire, se coupent toujours en un même point.

La locomotive et le tender réagissent l'un sur l'autre : 1° par la barre d'attelage ; 2° par les tampons.

L'influence de la barre d'attelage (tendeur à vis avec ressort de traction) ne se fait sentir que lorsque la locomotive tire le train, c'est-à-dire marche sous vapeur. Soient : GA , l'axe de la machine ; $G'A'$, celui du tender ; AA' , la barre de traction (*fig. 16 bis*). Le tender exerce sur la machine au point A' un effort résistant T , parallèle à

l'axe de la voie (ou en tout cas ne faisant avec lui qu'un angle très-petit), lequel fait équilibre aux réactions des rails sur les roues motrices dans le cas de mouvement uniforme. L'effort exercé dans la di-

rection de AA' est égal à $\frac{T}{\cos i}$ et

donne un moment par rapport au centre de gravité de la machine égal

à $\frac{T}{\cos i} \times \overline{Gg}$. Ce moment tend,

comme on le voit, à redresser l'axe de la locomotive et s'oppose, par suite, au mouvement de lacet. Il pourrait lui être favorable si le tender occupait la position $A''G''$.

La valeur du moment dépend de l'angle des deux véhicules, qui est toujours très-petit, et de la longueur de la barre d'attelage. Cette longueur varie ordinairement de 0^m,60 à 0^m,80. Même dans le cas de la déviation maxima des véhicules, on trouve que le moment de l'effort de traction est très faible et, par suite, négligeable.

L'action des tampons est bien plus considérable, mais elle exige que les tampons soient fortement serrés les uns contre les autres, ce qui peut ne pas toujours avoir lieu. Les ressorts des tampons ont ordinairement une bande initiale. Si ceux-ci sont simplement amenés au contact, ils n'exercent l'un sur l'autre aucune réaction. Mais, s'ils sont serrés de façon à diminuer d'une certaine quantité la flèche du ressort de choc, la réaction est égale à la bande initiale augmentée de la tension due à la diminution de la flèche. Le serrage, pour être efficace, doit être tel que la tension totale soit toujours supérieure

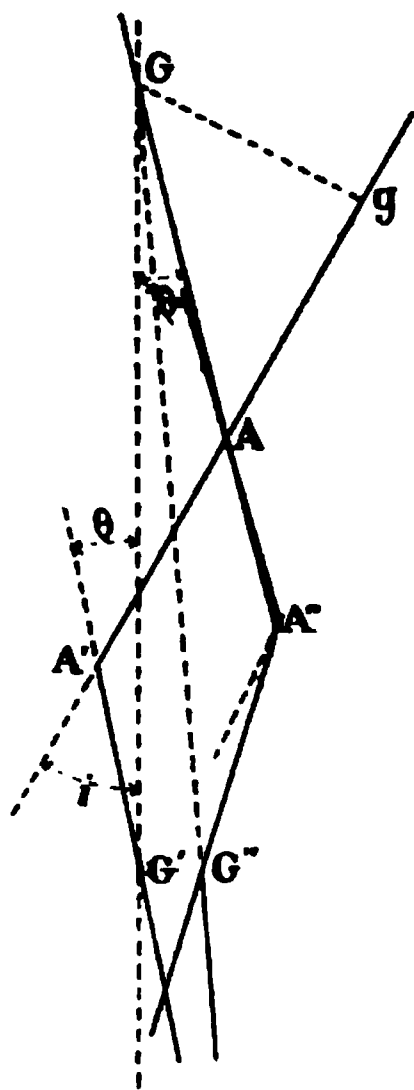


FIG. 16 bis.

à l'effort de traction. Soient : Q_0 , la bande initiale du ressort de choc d'un tampon ; Q_1 , la tension donnée par le serrage. La réaction du tender sur la machine, en admettant que la normale au point de contact des tampons soit parallèle à l'axe de la voie, sera : $2 (Q_0 + Q_1)$. On devra avoir, T étant l'effort de traction : $2 (Q_0 + Q_1) > T$. Lorsque les axes des deux véhicules sont dans le prolongement, les réactions des tampons donnent un moment nul par rapport au centre de gravité de la machine. Mais, quand ces axes font entre eux un certain angle, la tension des ressorts des deux tampons est différente. Soient : u , la distance des tampons au plan médian ; φ , l'angle des deux véhicules ; K , le coefficient de flexibilité des ressorts de choc. Par suite de la déviation φ , l'un des tampons s'écrase, et l'autre s'allonge de la quantité φu . Par suite, la réaction est d'un côté : $Q_0 + Q_1 + \frac{\varphi u}{K}$, et, de l'autre côté :

$Q_0 + Q_1 - \frac{\varphi u}{K}$. Si on a : $\frac{\varphi u}{K} > Q_1$, la réaction des tampons d'un côté de la machine disparaît, mais cela n'a pas lieu ordinairement, si le serrage est suffisant et, si K a une valeur assez grande.

Le moment de ces forces par rapport à l'axe vertical passant par le centre de gravité de la machine est :

$$u \left(Q_0 + Q_1 + \frac{\varphi u}{K} \right) - u \left(Q_0 + Q_1 - \frac{\varphi u}{K} \right) = \frac{2\varphi u^2}{K}.$$

Pour le tender, le moment est de signe contraire.

Ce moment tend à diminuer l'angle des deux véhicules et, par suite, à combattre le mouvement de lacet. En alignement, il exerce une influence bienfaisante, mais il n'a qu'une faible valeur, car l'angle φ est toujours petit, et le coefficient de flexibilité K des ressorts de choc est relativement grand, de 15 à 20 millimètres par tonne ordinairement.

En courbe, il en est autrement. Les véhicules, en s'inscrivant sur la courbe, font toujours entre eux un angle tel que le moment $\frac{2\zeta u^2}{K}$ agit sur la locomotive de façon à la faire tourner, à l'avant, de l'intérieur vers l'extérieur de la courbe et à augmenter ainsi la réaction du boudin de la roue extérieure d'avant contre le rail. Cette réaction se trouve, d'ailleurs, sensiblement augmentée, parce que le moment $\frac{2\zeta u^2}{K}$ peut acquérir en courbe des valeurs notables.

Ainsi, la réaction des tampons contrarie toujours le mouvement de lacet, mais en courbe cela est nuisible.

L'effet que nous signalons peut se trouver considérablement aggravé à la descente des pentes, lorsque le train pousse la locomotive, dont la résistance par tonne est toujours beaucoup plus grande que celle des wagons. Si la poussée du train est supérieure au serrage, $2Q_1$, celui-ci augmente d'une certaine quantité, et la variation de tension $\frac{\zeta u}{K}$ se trouve augmentée.

L'effet des réactions des tampons peut être encore plus nuisible dans le cas où il y a deux machines en tête d'un train, et où ces deux machines agissent d'une façon contradictoire (par exemple, la première retenant le train soit par son frein, soit par la contre-vapeur, tandis que la seconde exerce un effort de traction ou simplement n'a pas serré son frein). Il y a lieu de signaler, en outre, un autre inconvénient de la double traction, qui se rapporte aux oscillations du poids suspendu. Lorsque l'avant de la deuxième machine se trouve soulevé d'une quantité z , en produisant une décharge des roues d'avant, il peut se faire qu'il reste soulevé pendant un temps notable, c'est-à-dire que l'oscillation normale soit contrariée et même suspendue au moment le plus défavorable, par

suite de la résistance qu'éprouvent à se déplacer verticalement, de haut en bas, les tampons d'avant fortement pressés sur les tampons du tender de la première locomotive. Le déraillement des roues d'avant de la deuxième machine se trouve ainsi facilité, et d'autant plus que l'avant de cette machine a plus de porte-à-faux par rapport au premier essieu.

Les jeux des essieux, augmentant la déviation des machines, aggravent tous ces inconvénients, lorsqu'on arrive à la limite de ces jeux dans le mouvement de déviation.

Les tampons agissent encore d'une autre façon sur le mouvement de lacet, et cette action est même la plus importante, sauf dans les cas particuliers que nous avons examinés ci-dessus.

Quand il y a déplacement relatif des tampons de deux véhicules dont l'attelage est serré, il se produit des forces de frottement qui s'opposent à ce déplacement relatif. Soient : $Q_0 + Q_1$, la réaction des tampons ; f , le coefficient de frottement. S'il y a déplacement relatif de la locomotive par rapport au tender, la force du frottement entre tampons est : $2f(Q_0 + Q_1)$. La distance des tampons au centre de gravité de la locomotive étant l , le moment de cette force de frottement par rapport au centre de gravité est : $2fl(Q_0 + Q_1)$. Ce moment, qui s'oppose au lacet de la machine, a, dans un attelage bien serré, une très grande valeur, parce que l est grand, et l'effort nécessaire pour que la locomotive entraîne le tender dans son déplacement est presque toujours moindre que la force de frottement des tampons.

En général, les deux véhicules peuvent être considérés comme liés l'un à l'autre : il n'y a entre eux aucun déplacement relatif, et ils exercent l'un sur l'autre une réaction F inférieure à la force de frottement des tampons.

Le mouvement de la locomotive a donc pour équation

différentielle :

$$(1) \quad I \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M - lF;$$

et celui du tender :

$$(2) \quad I' \frac{d^2\theta'}{dt^2} = M - l'F.$$

En prenant la différence de ces équations, on a une relation entre les deux inconnues θ et θ' . On en obtient une seconde en exprimant qu'il n'y a pas de mouvement relatif entre les deux véhicules, ou bien que leurs axes se coupent toujours en un même point. Les centres de gravité se trouvant aux distances ζ et ζ' de l'axe de la voie, le point de la locomotive qui est à la hauteur des tampons se trouve à la distance $\zeta + l\theta$ de l'axe de la voie, et le même point de l'axe du tender à une distance $\zeta' - l'\theta'$. Ces deux quantités restant égales, on a :

$$\zeta + l\theta = \zeta' - l'\theta',$$

ou en différentiant :

$$\frac{d\zeta}{dt} + l \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\zeta'}{dt} - l' \frac{d\theta'}{dt}.$$

Nous avons vu que, quand la locomotive est seule, on a :

$$\frac{d\zeta}{dt} = v\theta.$$

De même, quand le tender est seul :

$$\frac{d\zeta'}{dt} = v\theta'.$$

Ces deux relations ne cessent pas d'être vraies, quand on tient compte du frottement des tampons. Nous avons vu, en effet, au § IX, que, pour annuler le déplacement latéral du centre de gravité, il faut exercer une réaction égale

à la résultante des forces de frottement qui se développent quand ce déplacement n'a pas lieu, et que cette résultante est égale au poids du véhicule multiplié par le coefficient de frottement. Comme sa valeur est toujours plus grande que la force de frottement des tampons, celle-ci ne peut faire obstacle au déplacement latéral des deux véhicules, locomotive et tender, qui s'effectue l'un avec la vitesse $V\theta$, et l'autre avec la vitesse $V\theta'$.

La loi du mouvement est donc donnée par le système des deux différentielles (1) et (2), auquel il faut joindre la condition :

$$(3) \quad V\theta + l \frac{d\theta}{dt} = V\theta' - r \frac{d\theta'}{dt}.$$

Ce système ne peut, d'ailleurs, pas être résolu directement, parce que M est fonction de θ , et M' de θ' . Mais il permet de trouver la marche à suivre pour avoir la solution par approximations successives, à l'aide d'une méthode graphique.

Cette méthode, de même que celle du § VI, est basée sur la remarque suivante.

Pendant les intervalles, toujours petits, où N peut être supposé constant, les vitesses $\frac{d\theta}{dt}$ et $\frac{d\theta'}{dt}$ restent sensiblement constantes. Supposons, en effet, que, à l'origine d'un de ces intervalles, on connaisse θ et θ' . A une valeur donnée de F correspond une certaine vitesse $\frac{d\theta}{dt}$, pour la locomotive, qu'on trouve comme il a été dit au § VI, et de même une certaine vitesse $\frac{d\theta'}{dt}$ pour le tender. Il faut et il suffit que les valeurs de ces deux vitesses satisfassent à la relation (3), et on fait varier F jusqu'à ce qu'on arrive à ce résultat.

Nous donnerons au § XIX un exemple qui précisera l'application de cette méthode.

En résumé, le serrage des tampons établit une solidarité entre la locomotive et le tender, qui a pour effet de diminuer l'amplitude du mouvement de lacet. Mais cette solidarité n'est pas absolument complète, parce que, dans certains cas, le frottement des tampons est insuffisant pour empêcher le déplacement relatif des véhicules et parce que, à moins de vérifier constamment l'attelage, on n'est jamais sûr d'avoir un serrage convenable des tampons. Il existe des attelages entre locomotive et tender où la solidarité est absolument complète, sans qu'elle nuise à la circulation en courbe. Ils sont caractérisés par cette condition que les axes des deux véhicules se coupent toujours en un même point, autour duquel ils peuvent librement tourner, comme s'il y avait une articulation simple en ce point. Nous les appellerons pour cette raison *attelages convergents*. Une étude très complète en a été faite par un auteur allemand, M. Hartmann (*Theorie der Locomotiv-Tender-Kuppelungen* ; Berlin, 1884). Nous allons en donner le résumé dans les deux paragraphes suivants.

XV. — Circulation des locomotives munies d'attelages convergents dans les courbes.

La première question à résoudre est de savoir en quel point de l'axe de la locomotive il faut placer l'articulation de l'attelage.

Supposons que la locomotive AB (*fig. 17*) et le tender CD soient placés sur une courbe, de façon que les axes des essieux extrêmes, formant empattement rigide, de chacun des véhicules, soient sur une même circonférence, par exemple sur l'axe de la voie. C'est là évidemment la position la plus favorable que les deux véhicules puissent occuper sur la voie. Les axes AB et CD, qui sont des sécantes de cercle, se coupent en un point F, et on a

la relation :

$$\overline{FA} \times \overline{FB} = \overline{FC} \times \overline{FD}.$$

Soient : p , la distance FB ; p_1 , la distance FC . Nous les supposons constantes et leur somme égale à la distance, t , entre le centre de l'essieu arrière de la locomotive et le

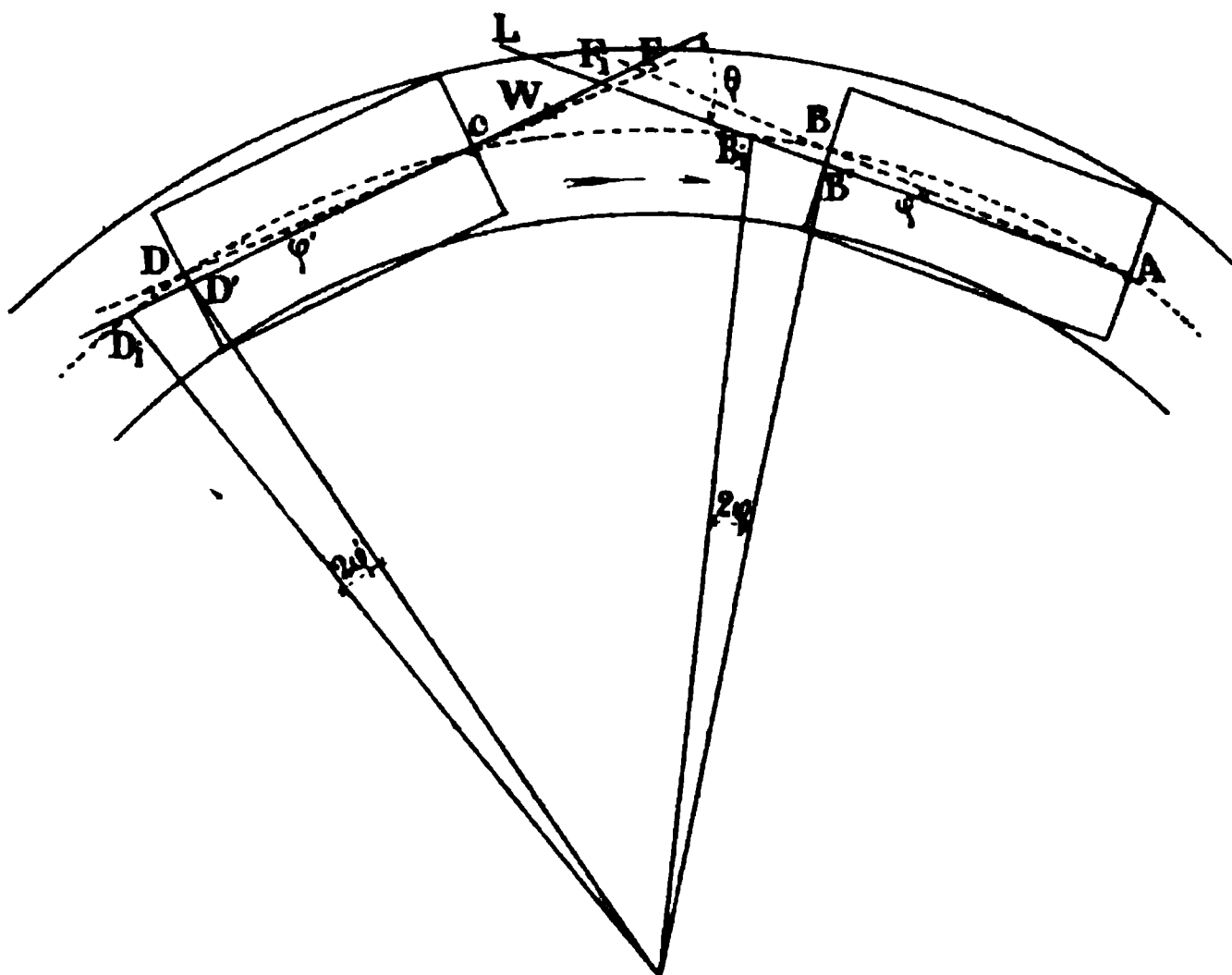


FIG. 1 .

centre de l'essieu avant du tender, distance fixe également. Soient, en outre, s et s_1 les empattements de la locomotive et du tender.

La relation ci-dessus s'écrit :

$$\frac{p}{p_1} = \frac{p_1 + s_1}{p + s}.$$

Combinée avec : $p + p_1 = t$, elle donne pour p et p_1 :

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} p = \frac{t(s_1 + t)}{s + s_1 + 2t} \\ p_1 = \frac{t(s + t)}{s + s_1 + 2t} \end{array} \right.$$

Ces deux quantités p et p_1 caractérisent un point F qui est appelé *point d'intersection théorique des axes*.

Si les centres des essieux extrêmes restaient toujours sur une même circonférence, il n'est pas douteux que le point d'accouplement devrait se trouver au point théorique F . Mais, par suite de la succession de courbes de rayons différents et par suite du jeu de la voie, les centres ne peuvent toujours rester sur une même circonférence, et il s'agit de savoir si, malgré cela, le point théorique F est resté le point le plus favorable pour l'accouplement.

Circulation dans une courbe de rayon constant. — Marche avant. — Quand deux véhicules reliés entre eux par un accouplement libre, c'est-à-dire leur permettant de prendre une position angulaire indépendante, circulent en courbe, le boudin de la roue extérieure d'avant et celui de la roue intérieure d'arrière entrent en contact avec le rail. Soit (*fig. 17*) AB l'axe de la locomotive dans la position normale, pour laquelle les boudins des roues extérieures d'avant et d'arrière touchent au rail extérieur; cet axe tourne autour du centre A de l'essieu d'avant d'un angle φ , jusqu'à ce que le boudin de la roue intérieure d'arrière arrive au contact du rail intérieur. Cette roue d'arrière se sera ainsi déplacée d'une quantité BB' égale au jeu total ϵ de la voie, et on a par suite, s étant l'empattement AB :

$$s\varphi = \epsilon.$$

L'axe AB' de la machine rencontre la circonférence passant par A au point B_i , et la longueur AB_i est appelée l'*empattement fictif*. L'angle au centre $B'MB_i$ est d'ailleurs égal à 2φ , et la longueur $B'B_i$ égale à $2R\varphi = \frac{2R\epsilon}{s}$. Par suite :

$$(2) \quad AB_i = s + \frac{2R\epsilon}{s}.$$

On obtient de même pour le tender, qui tourne d'un

angle $\varphi' = \frac{\varepsilon}{s_1}$, l'empattement fictif :

$$(3) \quad CD_i = s_{1i} = s_1 + \frac{2R\varepsilon}{s_1}.$$

Les deux axes AB_i et CD_i se coupent en un point F_i dont il est facile de déterminer la position. En effet, les angles θ , φ et φ' étant très petits, on a :

$$t_i = CF_i + F_iB_i = CF_i + F_iB' - B_iB' = t - \frac{2R\varepsilon}{s}.$$

En appliquant le théorème des sécantes de cercle, il vient :

$$(4) \quad B_iF_i = p_i = \frac{t_i(s_{1i} + t_i)}{s_i + s_{1i} + 2t_i};$$

$$(5) \quad F_iC = p_{1i} = \frac{t_i(s_i + t_i)}{s_i + s_{1i} + 2t_i}.$$

Ces valeurs contenant R et ε , il en résulte que la position du point d'intersection F_i dépend du rayon de la courbe et du jeu de la voie. A la vérité, elle ne dépend que du produit $R\varepsilon$, qu'on pourrait, si l'on voulait, maintenir constant en calculant ε en fonction de R .

Une conclusion importante se dégage de ce qui précède, quand l'on suppose que les deux véhicules sont liés entre eux par un attelage convergent, tel que les axes se coupent en un point W , appelé *point d'intersection réel*. Si ce point W se trouve entre F_i et C , il doit se produire nécessairement un déraillement de l'essieu avant du tender, ou de l'essieu arrière de la machine. On voit, en effet, sur la *fig. 17* que, pour que l'axe de la locomotive AL passe sur le point W , il faut ou que l'essieu arrière B sorte dans l'intérieur de la courbe ou que l'essieu avant, C , du tender sorte vers l'extérieur. Donc, dans un attelage convergent, le point F_i donne la limite vers l'arrière de la position que peut occuper le point d'articulation W .

Marche arrière. — En considérant la marche arrière, on obtient la même limite vers l'avant. Soit F'_i , le point d'intersection fictif des axes; affectons d'un accent les quantités (qui nous ont servi à déterminer F_i) se rapportant à la marche arrière. Il vient pour les coordonnées de F'_i :

$$(6) \quad p'_i = \frac{t'_i (s'_{4i} + t'_i)}{s'_i + s'_{4i} + 2t'_i};$$

$$(7) \quad p'_{4i} = \frac{t'_i (s'_i + t'_i)}{s_i + s_{4i} + 2t_i}.$$

En résumé, le point d'articulation doit se trouver entre F_i et F'_i , pour qu'il n'y ait pas de déraillement à craindre ni dans la marche avant, ni dans la marche arrière.

En cherchant la position de ces points pour des locomotives munies d'attelages convergents, par exemple pour les locomotives des chemins de fer de l'État qui sont munies de l'attelage convergent système Edmond Roy, on voit que la position des points F_i et F'_i , laisse ordinairement une assez grande liberté dans le choix du point d'articulation W .

On peut se proposer de chercher où doit être placé W pour que le jeu de la voie nécessaire soit minimum.

Exprimons les valeurs de p_{4i} et p'_i (formules 5 et 6) en fonction de t , s , s_1 , R et ϵ . Il vient :

$$p_{4i} = \frac{\left(t - 2R \frac{\epsilon}{s}\right) (s + t)}{s + s_1 + 2t + 2R\epsilon \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s}\right)};$$

$$p'_i = \frac{\left(t - 2R \frac{\epsilon}{s}\right) (s_1 + t)}{s + s_1 + 2t + 2R\epsilon \left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s_1}\right)}.$$

En résolvant par rapport à ϵ , on a, pour la marche avant :

$$(8) \quad \epsilon = \frac{1}{2R} \frac{t(s + t) - p_{4i}(s + s_1 + 2t)}{p_{4i} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s}\right) + 1 - \frac{t}{s}};$$

et pour la marche arrière :

$$(9) \quad \epsilon' = \frac{1}{2R} \frac{t(s_1 + t) - p'_i(s + s_1 + 2t)}{p'_i\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s_1}\right) + 1 + \frac{t}{s_1}}.$$

Dans ces deux expressions (8) et (9), on peut annuler les numérateurs en posant :

$$(10) \quad \begin{cases} p_{1i} = \frac{t(s + t)}{s + s_1 + 2t}; \\ p'_i = \frac{t(s_1 + t)}{s + s_1 + 2t}. \end{cases}$$

La valeur minima de ϵ , aussi bien que celle de ϵ' , est donc zéro. En comparant les formules (1) et (10), on voit qu'alors p_{1i} et p'_i sont les coordonnées du point théorique F.

Ainsi, quand le jeu est nul, le point d'articulation réel doit coïncider avec le point théorique. Si cette coïncidence n'existe pas, le jeu est nécessaire et doit être inversement proportionnel au rayon de la courbe, comme cela résulte des formules (8) et (9).

Cette conclusion est très importante. Elle montre que le surécartement dans les courbes est absolument inutile, pourvu que la locomotive et le tender soient accouplés en un point convenable.

Circulation de deux véhicules munis d'attelages convergents dans des courbes de rayons variables. — Considérons deux courbes de rayons R et R_1 , tangentes à leur point de contact. Nous étudierons la position des véhicules pendant le passage d'une courbe à l'autre.

On peut immédiatement distinguer les cas suivants :

1° Le point d'intersection F_0 des axes des deux véhicules se trouve du côté de la courbe à plus grand rayon par rapport à la ligne des centres M, M (*fig.* 18) ;

2° Le point F_0 se trouve sur la ligne des centres ;

3° Le point F_0 se trouve du côté de la courbe à plus petit rayon par rapport à la ligne des centres.

Soient, en outre des notations déjà connues :

$q = BN$, distance de l'essieu d'arrière de la locomotive au point de rencontre N des deux courbes;

$q_1 = NC$, distance du point N à l'essieu d'avant du tender ;

$v = BF_0$, distance du point F_0 à l'essieu d'arrière de la machine ;

$v_1 = F_0C$, distance du point F_0 à l'essieu d'avant du tender.

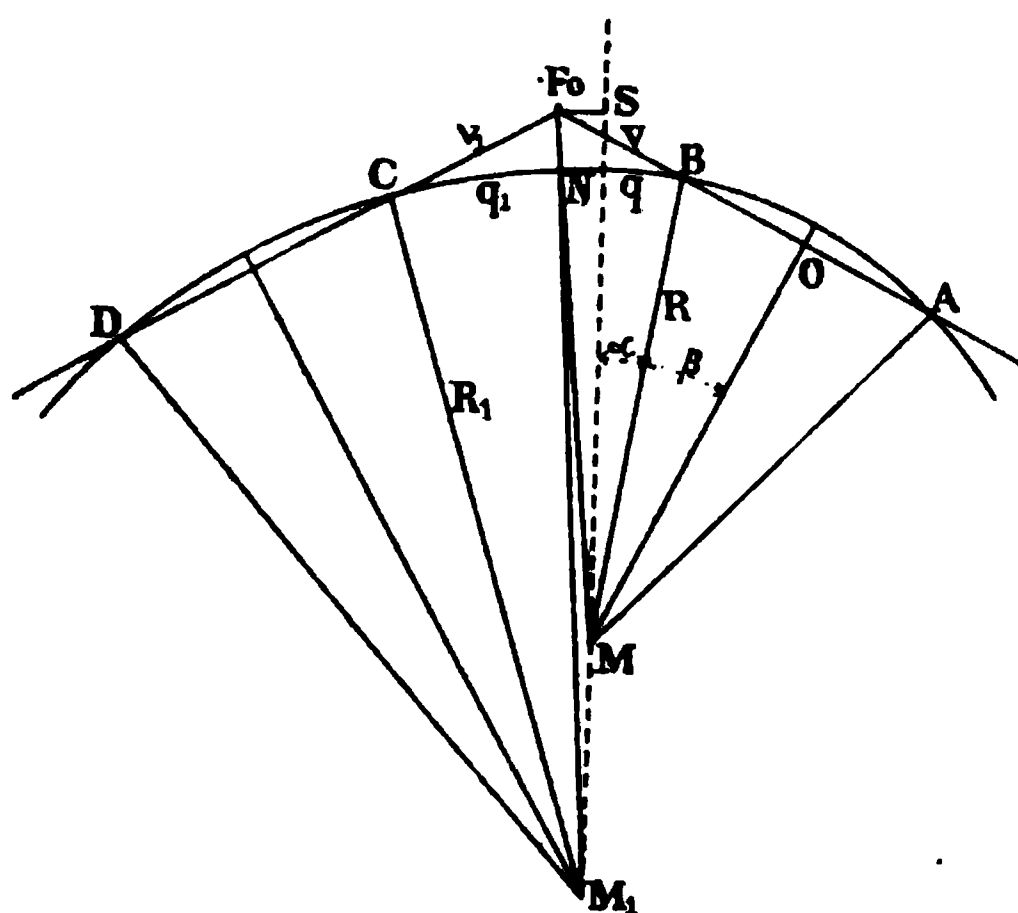


FIG. 18.

On a, par suite :

$$v + v_1 = t.$$

Pour trouver v et v_1 , dans le cas où les véhicules occupent la position normale, on a les relations suivantes (fig. 18) :

$$\begin{aligned} \overline{MF_0}^2 &= \overline{MO}^2 - \left(\frac{s}{2} + v\right)^2; \\ \overline{MO}^2 &= R^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2; \\ (11) \quad \overline{MF_0}^2 &= R^2 + sv + v^2. \end{aligned}$$

On a de même :

$$(12) \quad \overline{M_1 F_0}^2 = R_1^2 + s_1 v_1 + v_1^2;$$

des deux triangles MF_0S et M_1F_0S on tire :

$$\begin{aligned} \overline{MF_0}^2 &= \overline{MS}^2 + \overline{F_0S}^2; \\ \overline{M_1F_0}^2 &= \overline{M_1S}^2 + \overline{F_0S}^2; \\ \overline{M_1F_0}^2 - \overline{MF_0}^2 &= \overline{M_1S}^2 - \overline{MS}^2. \end{aligned}$$

Si on pose $R_1 - R = d$, on a :

$$\overline{M_1S}^2 = (\overline{MS} + d)^2;$$

d'où :

$$(13) \quad \overline{M_1F_0}^2 - \overline{MF_0}^2 = 2\overline{MS} \times d + d^2.$$

Des formules (11) et (12) on déduit la même différence :

$$(14) \quad \overline{M_1F_0}^2 - \overline{MF_0}^2 = R_1^2 - R^2 + s_1 v_1 - sv + v_1^2 - v^2.$$

Pour trouver MS , remarquons que :

$$\overline{MS} = R + \overline{NS}.$$

Pour déterminer NS , introduisons les angles α et β , dont les valeurs sont :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{q}{R}, \\ \beta &= \frac{s}{2R}. \end{aligned}$$

L'angle $\delta = \widehat{SF_0B}$ est égal à $\alpha + \beta$, comme on le voit en abaissant de B une perpendiculaire sur MS et menant la tangente en B . Donc :

$$\delta = \frac{2q + s}{2R}.$$

D'ailleurs, la longueur NS peut être considérée avec

une très grande approximation comme étant la projection de F_0B sur MS . Par suite :

$$\overline{NS} = v \sin \delta,$$

ou, en remplaçant le sinus par l'arc, à cause de la faible valeur de δ :

$$\overline{NS} = v. \frac{2q + s}{2R}.$$

On a donc :

$$(13) \quad MS = R + v. \frac{2q + s}{2R}.$$

Nous déduisons des formules (13) et (14), en remplaçant MS par sa valeur :

$$v (2q + s) \left(\frac{R_1}{R} - 1 \right) = s_1 v_1 - sv + v_1^2 - v^2.$$

Si on pose $v_1 = t - v$, on obtient finalement :

$$(16) \quad v = \frac{t (s_1 + t)}{s + s_1 + 2t + (2q + s) \left(\frac{R_1}{R} - 1 \right)},$$

et de même :

$$(17) \quad v_1 = \frac{t (s + t) + t (2q + s) \left(\frac{R_1}{R} - 1 \right)}{s + s_1 + 2t + (2q + s) \left(\frac{R_1}{R} - 1 \right)}.$$

Quand F_0 se trouve du côté de la courbe à plus petit rayon, on obtient des formules (16 *bis*) et (17 *bis*) analogues à (16) et (17) ; comme il suffit de remplacer v par v_1 , s par s_1 , et inversement, il est inutile d'écrire ces formules.

Les coordonnées du point F_0 sont donc variables et dépendent de la position des véhicules sur la courbe. La position réelle des véhicules doit d'autant plus s'éloigner de la position normale (que nous avons admise au début

des calculs ci-dessus) que le point d'accouplement réel W est plus éloigné du point F_0 .

Supposons, par exemple, que le point W se trouve voisin du point théorique F .

Les formules (16) et (17) font connaître que v est d'autant plus petit, et, par suite, v_1 d'autant plus grand que q est plus grand, pour une valeur déterminée du rapport $\frac{R_1}{R}$; q est maximum quand F_0 tombe sur la ligne des centres. C'est donc dans ce cas que la position des véhicules sera la plus éloignée de la position normale.

Lorsque F_0 est du côté de la courbe à plus petit rayon les formules (16 bis) et (17 bis) conduisent à la même conclusion.

En outre, on voit que v diminue à mesure que R_1 augmente et qu'alors le point F_0 s'éloigne de plus en plus du point W .

Il résulte des deux observations qui précèdent que la position des véhicules la plus éloignée de la position normale se rencontre quand on passe d'un alignement à une courbe, et quand le point d'intersection des axes se trouve à la séparation de l'alignement et de la courbe.

En calculant le jeu de la voie dans ce cas, nous aurons le jeu maximum.

Considérons dans la *fig.* 19 les deux véhicules accouplés au point W_1 du tender. Dans la position normale de la locomotive le point d'accouplement tombe en W_0 et non en W_1 . Il faut donc supposer que la locomotive tourne autour de A jusqu'à ce que W_0 vienne coïncider avec W_1 . Quand cette coïncidence est établie, l'empattement fictif, AW_1 , de la locomotive est :

$$s' = s + 2R \frac{\epsilon}{s},$$

et la distance $z = B'W_1$ du point d'accouplement à

l'essieu d'arrière est :

$$z = 2R \frac{\epsilon}{s}.$$

On en déduit la valeur de ϵ :

$$18) \quad \epsilon = \frac{sz}{2R}.$$

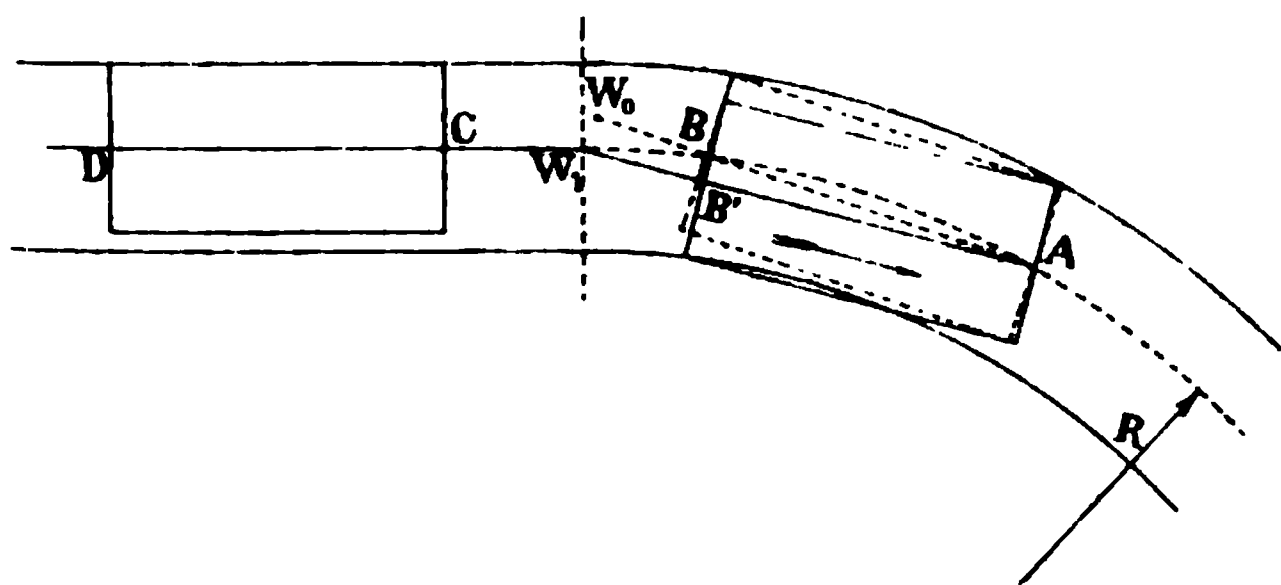


FIG. 19.

Pour la sortie de la courbe, le jeu s'obtient de la même façon. On voit facilement que l'essieu d'avant du tender doit se déplacer vers l'intérieur de la courbe d'une quantité :

$$19) \quad \epsilon_1 = \frac{s_1 z_1}{2R}.$$

Finalement, il faudra donner à la courbe un jeu égal à la plus grande des deux valeurs ϵ et ϵ_1 .

Quel est le point commun aux axes des deux véhicules pour lequel le jeu est minimum ?

Du moment que $z + z_1 = l$, on a :

$$\epsilon = \frac{sz}{2R}, \quad \epsilon_1 = \frac{s_1 (l - z)}{2R}.$$

En fonction de z , ϵ représente une droite telle que E_0E (fig. 20), et ϵ_1 une droite E'_0E' . Pour avoir ϵ et ϵ_1 , pour une valeur $z = E_0M$ quelconque, il suffit d'élever l'ordonnée

passant par M. Il est facile de voir sur la figure que le jeu de la voie sera donné par les ordonnées de la ligne brisée EAE', suivant la valeur de z , et que le minimum du jeu

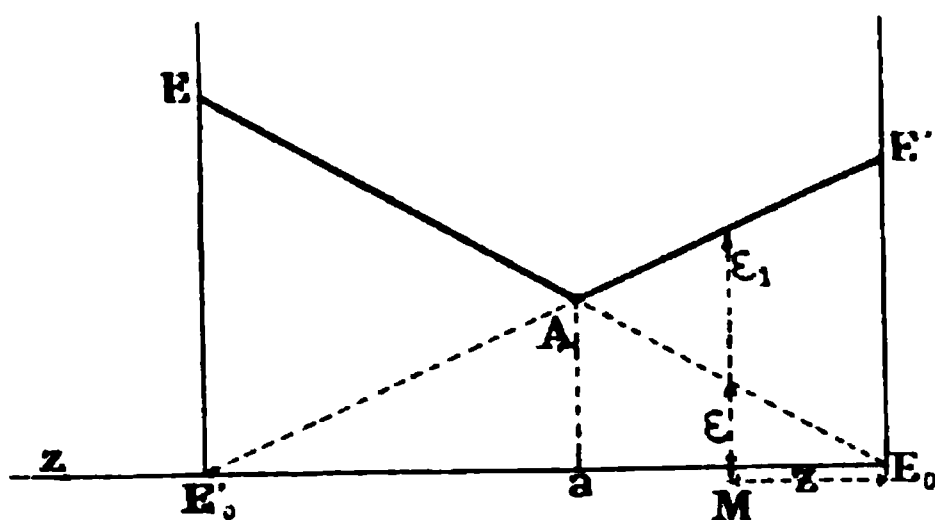


FIG. 20.

sera l'ordonnée Aa , c'est-à-dire aura lieu lorsque $\epsilon = \epsilon_1$; d'où, eu égard aux relations donnant ces quantités :

$$z = \frac{s_1 t}{s + s_1}.$$

Le point ainsi obtenu ne coïncide pas avec le point théorique F; il en est distant de:

$$p - z = \frac{t(s_1 + t)}{s + s_1 + 2t} - \frac{s_1 t}{s + s_1} = \frac{t^2(s - s_1)}{(s + s_1 + 2t)(s + s_1)}.$$

Cette quantité est nulle, si $s = s_1$. Par conséquent le point F sera d'autant plus rapproché du point le plus favorable pour l'accouplement que les empattements rigides de la locomotive et du tender différeront moins.

En résumé, l'analyse ci-dessus permet de trouver quels sont les jeux de la voie nécessaires pour la circulation en courbe de locomotives reliées à leur tender par des attelages convergents, et elle montre que : dans les courbes de rayon constant, le point théorique F est le point d'articulation le plus avantageux ; au passage d'une courbe à une autre de rayon différent le point F en est d'autant

plus voisin qu'il y a moins de différence entre les empattements rigides de la locomotive et du tender.

XVI. — Étude cinématique des attelages convergents.

La principale condition à réaliser est que le mouvement relatif qu'effectue le tender par rapport à la locomotive, ou inversement, au passage des courbes, consiste en une simple rotation autour du point d'intersection théorique.

Pour réaliser strictement cette condition, il faudrait que l'accouplement consistât en une articulation simple placée au point F . Mais cette solution n'est qu'exceptionnellement réalisable, à cause de la position qu'occupe souvent le point F , dans le foyer par exemple.

En généralisant la condition précédente, on peut baser le mouvement relatif entre locomotive et tender sur une autre loi, telle que les axes des deux véhicules se coupent constamment en des points voisins du point théorique.

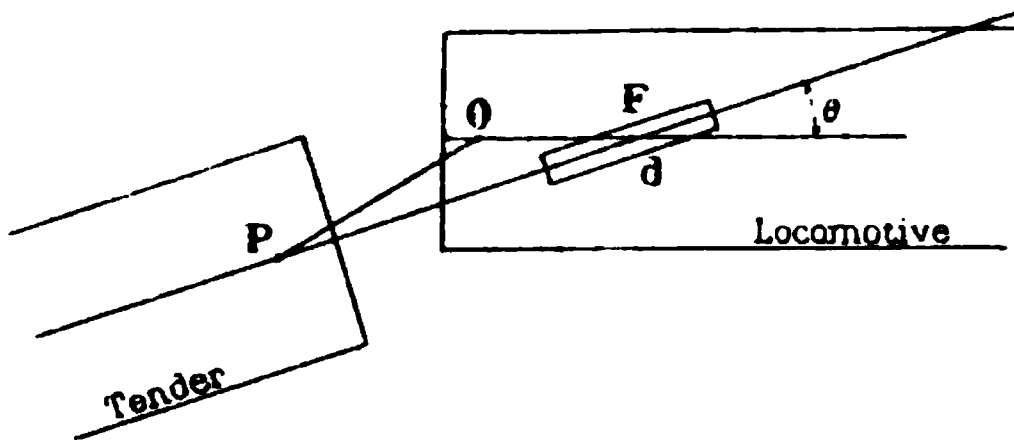


Fig. 21.

On est ainsi amené à choisir parmi un certain nombre de lois de mouvement, et le problème, qui paraît tout d'abord indéterminé, peut être résolu par la synthèse cinématique, suivant les méthodes indiquées par Reuleaux.

L'angle θ (fig. 21), que forment les axes de la locomotive et du tender, s'élève, dans les plus fortes courbes, à 5°

au maximum. Supposons les deux véhicules placés dans la position normale (les centres des essieux extrêmes sur une même circonférence ayant pour centre le centre de la courbe); leurs axes se coupent au point théorique F . L'attelage consiste ordinairement en une barre OP qui joint un point quelconque O de l'axe de la locomotive à un point quelconque P de l'axe du tender. Supposons que, pour passer de la position coaxiale à celle représentée sur la *fig. 21*, le tender tourne autour du centre O . Le point P engendre alors une circonférence de centre O ; d'après la condition posée au début de ce paragraphe, le point P devrait engendrer une circonférence de centre F . Pour réaliser un mouvement voisin de ce dernier, il suffit d'obliger l'axe du tender à glisser sur le point F , fixe sur la locomotive. On pourrait, par exemple, placer en F une coulisse, d , mobile autour d'un axe vertical passant par F et, dans cette coulisse, on engagerait l'axe du tender, supposé matérialisé.

Pour faire de la chaîne cinématique de la *fig. 21* un mécanisme, il suffit de rendre fixe un de ses membres, OF ou PF , et chacun de ces cas fournit une solution, d'ailleurs irréalisable en pratique, du problème de l'accouplement.

Ces mécanismes rentrent dans la série de ceux que Reuleaux appelle : mécanismes à manivelle.

Ils présentent des variantes suivant la position des points O , P et F , et suivant que le point F est supposé fixé à la locomotive ou au tender.

La géométrie cinématique permet de déterminer les lois du mouvement des mécanismes à manivelle.

Considérons le mécanisme de la *fig. 21* dans lequel le membre OF est supposé fixe. Pendant le mouvement, tous les points de OP décrivent des circonférences de centre O . Mais le point P du membre OP appartient en même temps au membre PF . Donc le mouvement de la

droite PF' est tel que l'un de ses points, P , décrit une circonférence de rayon OP , tandis qu'elle est assujettie à passer constamment par le point fixe F (*fig. 22*).

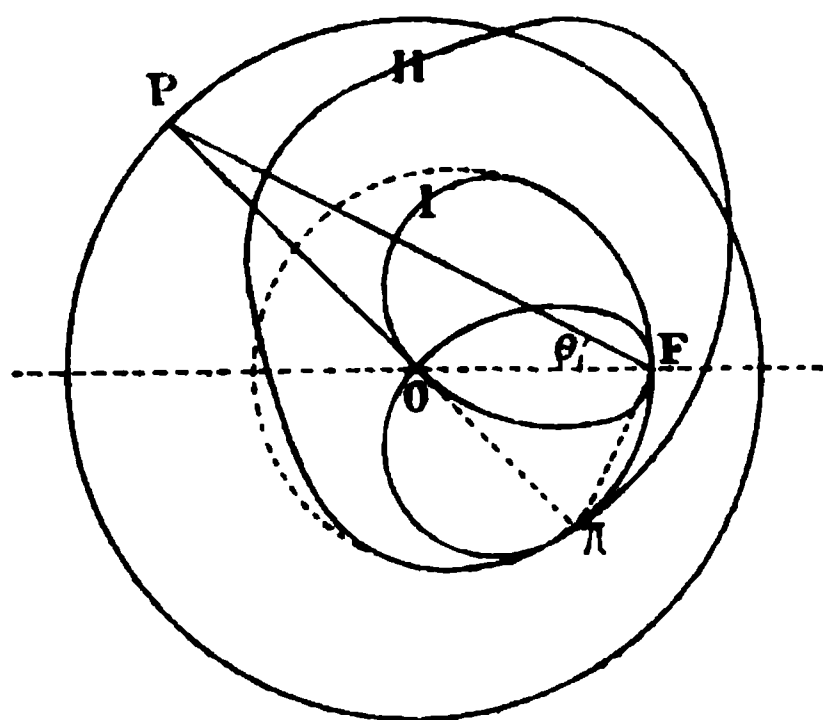


FIG. 22.

Le centre instantané de rotation s'obtient en prenant l'intersection des normales à deux trajectoires quelconques engendrées par deux points de PF . Il se trouve donc en π , à la rencontre de OP et de la perpendiculaire élevée en F à PF . La courbe I , lieu des points π , est la base de roulement. Pour avoir la roulette, le moyen le plus simple est de renverser le mouvement, c'est-à-dire de supposer PF fixe et OF mobile. On obtient ainsi la courbe II .

Le mouvement du mécanisme de la *fig. 21* est donc ramené au roulement de la courbe I sur la courbe II .

Or, l'angle que font les axes de la locomotive et du tender, dans le cas le plus défavorable (passage d'une courbe de 180 mètres de rayon), est au maximum de 5° ; il en résulte qu'au point de vue du mouvement du mécanisme d'accouplement, il n'est utile de tenir compte que des parties des courbes I et II , voisines du point F ; et ces parties peuvent être remplacées avec une très grande

approximation par leurs cercles osculateurs respectifs.

Si on cherche les rayons de courbure des courbes I et II on trouve que, lorsque PF coïncide avec OF, le rayon de courbure de la roulette II est égal à $\frac{c(a+c)}{2a}$ ($a = OP$, $c = OF$) et est le double de celui de la base de roulement I. D'autre part, le rayon de la base de roulement est égal au rayon de la circonférence des inflexions.

Il en résulte que le mouvement du mécanisme à manivelle, dans les limites où il suffit de le considérer, revient au mouvement d'un mécanisme à la Cardan et qu'on peut le regarder comme résultant soit du roulement du cercle osculateur II sur le cercle osculateur I, soit du roulement de la circonférence des inflexions du mouvement direct III sur la circonférence des inflexions du mouvement inverse I (*fig. 23*). Dans cette figure, les hachures indiquent les membres supposés fixes.

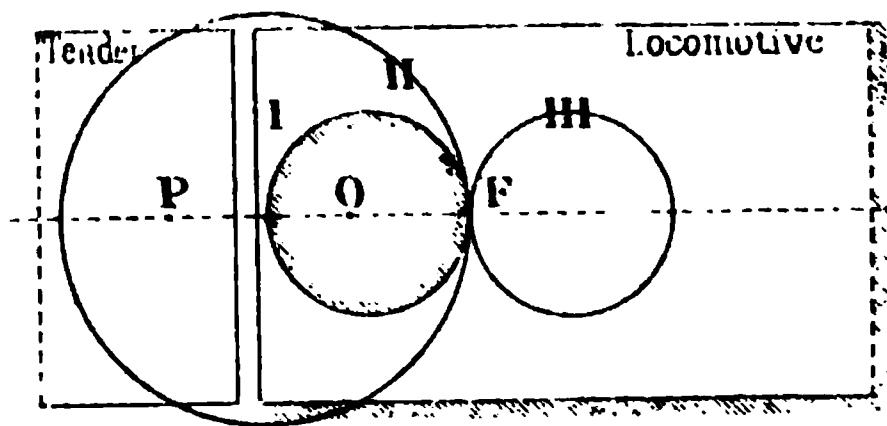


FIG. 23.

Maintenant que le mouvement relatif qu'effectuent la locomotive et le tender l'un par rapport à l'autre est ramené au roulement de deux cercles connus, on peut :

1° Trouver des mécanismes d'accouplement réalisant ce mouvement ;

2° Reconnaître si les accouplements employés dans la pratique satisfont aux conditions théoriques.

Accouplement formé de trois barres d'attelage (fig. 24).
— La locomotive (cercle I) est supposée fixe et le tender

$A_2 B_2$, peut l'être également, et avec moins d'inconvénients pratiques, par deux couples de tampons profilés d'une façon convenable.

Considérons la *fig. 25* et adaptons au tender un profil quelconque aa ; il enveloppe dans le mouvement déterminé par le roulement du cercle II sur le cercle I un autre profil bb , qui peut être fixé à la locomotive.

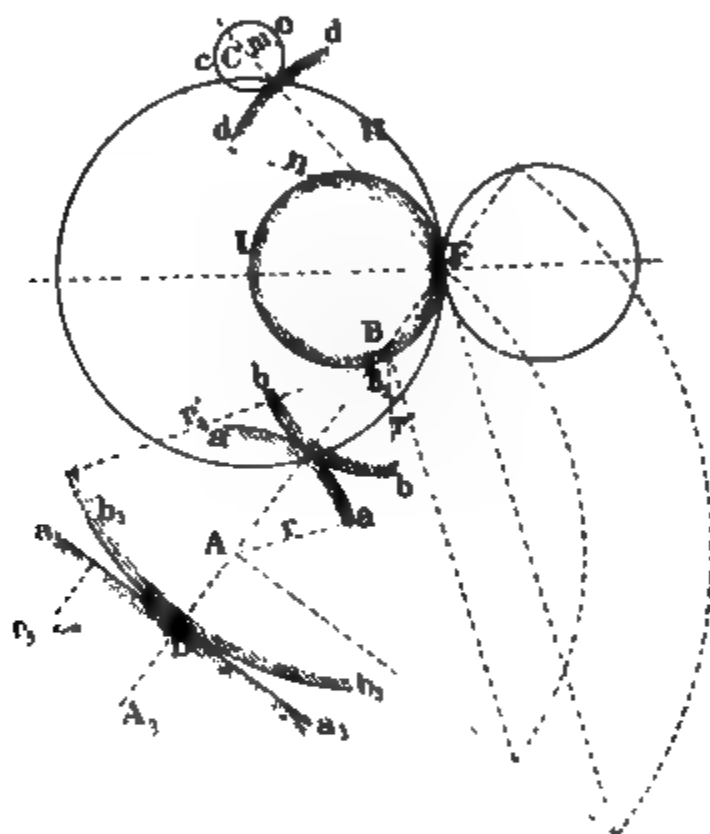


FIG. 25.

Supposons, par exemple, que le profil aa soit un arc de cercle ayant son centre en A.

Dans le mouvement du tender par rapport à la locomotive, le point A engendre un élément de cardioïde dont le centre de courbure se trouve en B. L'arc de cercle aa , au mouvement du point A, enveloppe une courbe bb , qui est distante de la cardioïde engendrée par A et ayant la même courbure B. Le profil bb peut donc, pour une faible amplitude angulaire du mouvement,

être remplacé par un arc de cercle de rayon $BA - Aa$.

Si on suppose que le point A du système II s'éloigne à l'infini, le centre de courbure correspondant, B, se trouve sur la circonférence des inflexions du mouvement inverse, c'est-à-dire sur la circonférence I. Par conséquent, on peut prendre sur un rayon quelconque issu de F, en un point quelconque D, un profil plan a_3a_3 et on a en DB_3 immédiatement le rayon de courbure du profil correspondant.

Si le rayon m d'un profil enveloppant est suffisamment petit, comme cela a lieu au point C, le profil cc peut être réalisé au moyen d'un rouleau. C'est là, d'après M. Hartmann, le profil le plus convenable parce que le glissement qui se produit entre les autres profils est transformé ici en un roulement.

La *fig. 1* (Pl. V) représente un des types d'attelage imaginés par M. Hartmann.

Les attelages convergents, dont il existe de nombreux types en Allemagne, n'ont été appliqués en France que d'une façon fort restreinte. Les réseaux de l'Ouest et surtout celui de l'État ont mis en usage le système de tampons de M. Edmond Roy, qui constitue un attelage convergent, assez éloigné du reste de satisfaire aux conditions théoriques qui ont été exposées plus haut.

Les attelages convergents présentent tous, à un degré plus ou moins grand, l'inconvénient de rendre difficiles les déplacements relatifs de la locomotive et du tender, parce que, pour peu que l'accouplement soit serré, il se développe entre les tampons secs des forces de frottement considérables. En outre, il faut remarquer que le rayon de courbure des profils doit ou rester constant ou aller en diminuant à partir du point de contact correspondant à la position conaxiale. L'usure tend, au contraire, souvent à le faire aller en augmentant ; elle modifie en tout cas la forme de ces profils, qu'il est essentiel de conserver

constante. Dès lors le déplacement n'est plus possible et la liaison est invariable.

Il en résulte que les attelages convergents provoquent, ainsi que la constatation en a été souvent faite sur les Chemins de fer de l'État, de fréquentes ruptures d'attelage. On ne peut éviter ces ruptures qu'en ne serrant pas l'accouplement, auquel cas il n'a plus l'efficacité en vue de laquelle il a été créé et est inférieur, à tous les points de vue, à l'attelage ordinaire.

Il y a lieu de supposer que l'attelage de M. Hartmann, où les tampons du tender sont des rouleaux, ce qui remplace le frottement par un roulement, et où rien n'empêche de munir le tendeur principal d'un ressort de traction, évite la plupart des inconvénients signalés et présente une mobilité suffisante, tout en conservant son efficacité. J'ignore si des applications de cet attelage ont été faites jusqu'ici soit en Allemagne, soit ailleurs.

Au fond, l'influence de l'accouplement convergent est à peu près identique à celle de l'accouplement ordinaire, lorsque celui-ci est bien serré. L'un et l'autre tendent à diminuer la déviation de la locomotive, tant en alignement qu'en courbe, et par suite à atténuer en alignement le mouvement de lacet, en courbe la poussée radiale.

CHAPITRE III.

APPLICATION DE L'ÉTUDE DU MOUVEMENT DE LACET
 A UNE LOCOMOTIVE A VOYAGEURS A DEUX ESSIEUX ACCOUPLES
 ET A DEUX ESSIEUX PORTEURS,
 L'UN A L'AVANT, L'AUTRE A L'ARRIÈRE.

XVII. — *Machine seule.*

Une locomotive peut être considérée comme seule, lorsque l'attelage avec le tender est desserré.

Prenons comme exemple la locomotive dont la silhouette et les données principales sont indiquées sur la *fig. 1* (Pl. VI). Les boîtes à graisse des roues d'avant et d'arrière sont supposées munies de plans inclinés à 10 p. 100, permettant un déplacement de 15 millimètres de chaque côté.

Le moment d'inertie d'une telle locomotive est d'environ 20.000, les unités étant le mètre et la masse du kilogramme.

La conicité de toutes les roues est supposée la même et égale à $\frac{1}{15}$. Le demi-jeu de la voie en alignement est de 12 millimètres.

Nous supposerons que la vitesse est de quatre tours par seconde, ce qui donne, les roues motrices ayant 2 mètres de diamètre, $V = 25^m,13$ par seconde, soit $90^{km},468$ à l'heure.

Nous étudierons le mouvement de lacet en alignement.

A l'origine du temps, $t = 0$, nous supposons que $\theta = 0$. Les valeurs de ζ , déplacement latéral du centre de gravité,

et de $\frac{d\theta}{dt}$, vitesse angulaire, sont, comme nous l'avons vu au § VI, la première très voisine du demi-jeu de la voie, ϵ , et la seconde très faible.

Supposons que pour $\theta = 0$, le centre de gravité de la locomotive soit à droite de l'axe de la voie. La rotation commencera à s'effectuer vers la gauche, car, si elle ne s'effectuait pas, toutes les forces de frottement des roues sur les rails donneraient un moment $M = \Sigma f P e$, tendant à faire tourner vers la gauche et ayant une valeur élevée, 3382 dans notre exemple ; ce moment peut être inférieur au moment N des forces agissant sur les longerons (*fig. 5*, Pl. VI), quand celui-ci est de signe contraire et voisin de son maximum ; mais cela n'a lieu que pendant un temps très petit. Le mouvement s'effectuera donc dès qu'on aura en valeur absolue : $M > N$, quand N est de signe contraire à M .

Au début, la rotation peut être contrariée par le contact avec le rail des boudins des roues d'arrière. En effet, si, pour $\theta = 0$, on a : $\zeta = \epsilon$, tous les boudins des roues de droite sont en contact avec le rail, à moins, ce qui est souvent le cas, qu'ils ne soient usés inégalement et qu'alors le jeu de la voie ne diffère légèrement d'un essieu à l'autre. Dans le mouvement de rotation de droite à gauche, les boudins des roues placées en arrière du centre de gravité tendent à s'éloigner de l'axe de la voie, mais en sont empêchés par leur contact avec le rail, si ce contact existe pour $\theta = 0$. Il faut alors, pour que la rotation soit possible, que le bâti puisse se déplacer par rapport aux deux essieux d'arrière. L'essieu porteur d'arrière étant muni de plans inclinés, le bâti peut se déplacer en surmontant la résistance qu'ils déterminent. Quant à l'essieu accouplé, il est rare qu'il n'ait pas un certain jeu, de $1/2$ à 1 millimètre ; par suite, le bâti peut commencer sa rotation. Quand même cet essieu accouplé n'aurait absolument

aucun jeu, la rotation serait encore possible, car la face verticale des rails, en contact avec les boudins, n'est pas rigoureusement un plan équidistant de l'axe de la voie ; aux joints des rails, par exemple, il y a toujours des inégalités appréciables.

Il suffit, d'ailleurs, d'un jeu très petit pour que la rotation prenne naissance et continue à se développer. Ce jeu très petit permet, en effet, une déviation θ_0 également très petite, après quoi la distance ζ_3 du boudin de la roue accouplée à l'axe de la voie ne peut plus augmenter et reste constante. On a donc : $\zeta_3 = \zeta + l_3\theta$, relation qui montre que θ ne peut plus augmenter qu'autant que ζ diminue. Or, ζ diminue effectivement en raison de la vitesse latérale $V\theta$ qui porte le centre de gravité vers l'intérieur de la voie ; donc θ peut augmenter en satisfaisant à la relation :

$$\frac{d\zeta}{dt} + l_3 \frac{d\theta}{dt} = 0,$$

ce qui donne la loi du mouvement :

$$(1) \quad \theta = \theta_0 e^{\frac{V}{l_3} t};$$

θ_0 étant très petit, θ et $\frac{d\theta}{dt}$ augmentent d'abord très lentement, ce qui fait que la locomotive parcourt un certain chemin en restant collée au rail de droite.

Le contact du boudin de la roue accouplée avec le rail produit une réaction donnant un moment opposé à la rotation, qui a pour effet de contraindre le mouvement à satisfaire à la relation exponentielle (1). Cette relation reste applicable tant que la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ déduite de (1) est inférieure à la vitesse qui résulterait du libre jeu des forces produisant les moments M et N . Dès qu'elle est supérieure, la vitesse $\frac{d\zeta}{dt}$ du centre de gravité est plus

grande que $l_3 \frac{d\theta}{dt}$; et le boudin de la roue accouplée s'éloigne du rail.

Le mouvement que nous venons d'analyser ne se produit pas ordinairement; il suffit à cet effet que l'essieu accouplé ait un jeu de 1 millimètre. En outre, la construction, à laquelle nous procéderons plus loin, montre que, pour $\theta = 0$, ζ n'est pas tout à fait égal à ϵ ; il s'en faut de quelques dixièmes de millimètre.

Nous admettrons donc pour simplifier que rien ne gêne le mouvement au départ; nous tiendrons seulement compte de la résistance des plans inclinés de l'essieu d'arrière qui jouent tant que: $\zeta + l_4\theta > \epsilon$.

Le moment N est représenté par la courbe de la *fig. 5*, Pl. IV. Si on fait la quadrature de cette courbe à partir de l'instant où N commence à être positif, nous obtenons la courbe N' (*fig. 9*, Pl. IV), dont on peut remplacer, comme nous l'avons fait observer au § VI, les branches ascendante et descendante par deux droites. Le début de la rotation peut correspondre à un point quelconque de la courbe N' ; nous supposerons que c'est au point n'_0 ou n_0 de la courbe N . Par suite, N reste positif, c'est-à-dire favorise le mouvement, pendant $\frac{6}{100^\circ}$ de seconde, puis devient négatif, etc.

D'autre part, les moments des forces de frottement de chaque essieu (en supposant la pression des roues sur les points d'appui invariable et, par suite, en négligeant les oscillations des ressorts, en première approximation; en supposant, en outre, que le coefficient de frottement ou d'adhérence est de $\frac{1}{10}$) sont donnés par l'abaque de la *fig. 3*, Pl. V. Dans cet abaque, chaque quadrant correspond à un essieu.

Il s'agit de construire la courbe de la vitesse $l \frac{d\theta}{dt}$

pendant le premier intervalle de temps de 0",06 où N reste positif et égal en moyenne à 1.500. La vitesse, si elle est nulle pour $t = 0$, augmente rapidement, puisque M et N sont favorables, jusqu'à une certaine valeur limite pour laquelle M est négatif et égal à N en valeur absolue. Cette valeur limite est facile à trouver en cherchant sur

l'abaque pour quelle valeur de $\frac{d\theta}{dt}$ la somme des moments est égale à -1.500 . Lorsque $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \varepsilon$,

on trouve $M = -1.500$ pour $I \frac{d\theta}{dt} = 140$. On a donc une

première courbe approchée de la vitesse, c'est la droite A

qui a pour ordonnée constante $I \frac{d\theta}{dt} = 140$ (*fig. 26*). La

courbe exacte part de l'origine O et va rejoindre la droite A .

Pour en avoir une première approximation, on peut supposer que le moment M

conserve la valeur M_0 qu'il

a pour $t = 0$, $\frac{d\theta}{dt} = 0$.

Soit ON' la droite représentant $\int N dt$. Les valeurs

de $\int M_0 dt$ seront aussi re-

présentées par une droite

et, par suite, aussi les

valeurs de $\int N dt + \int M_0 dt$,

par une autre droite telle que OM_0 qui constitue la première approximation de la courbe de la vitesse. Avec

les valeurs de $I \frac{d\theta}{dt}$ déduites de OM_0 , nous construirons

par points la courbe des moments M et, en faisant la quadrature, nous obtiendrons en seconde approximation la courbe Om_1 . Elle se trouve, par rapport à OM_0 ,

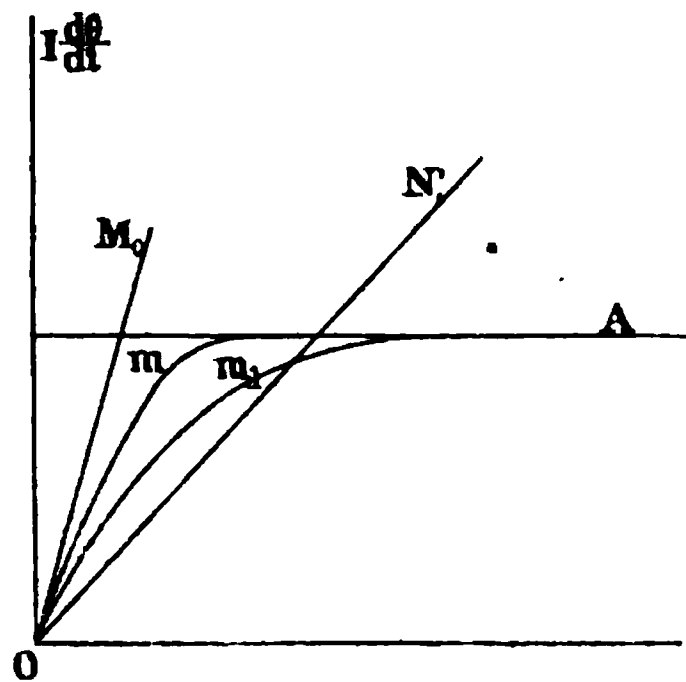


FIG. 26.

de l'autre côté de la courbe réelle des vitesses, car les valeurs de M en deuxième approximation sont inférieures aux valeurs réelles, étant déduites de vitesses supérieures aux valeurs réelles. En continuant de la même façon à calculer les valeurs des moments M et des vitesses, on reconnaît qu'on obtient des courbes qui sont successivement de part et d'autre des courbes réelles et qui s'en rapprochent de plus en plus ; elles ont, par suite, ces dernières comme limites. On trouve ainsi la courbe Om , qui vient se raccorder tangentielllement avec la droite A .

On en déduit par des quadratures les valeurs de $I\theta$ et de $\Delta\zeta = \int V\theta dt$.

Nous avons supposé ci-dessus que, pour $t = 0$, on a : $\frac{d\theta}{dt} = 0$. Véritablement il n'en est pas ainsi, comme nous le verrons à la fin de notre construction, lorsque l'origine $t = 0$ correspond à un point de la courbe N' voisin du maximum. La vitesse angulaire se met à augmenter avant qu'on ait : $\theta = 0$, à partir de l'instant où N est favorable au mouvement ; lorsque θ devient nul, cette vitesse est déjà voisine de la valeur limite calculée plus haut.

Nous prendrons donc, à partir de $t = 0$, la droite $I \frac{d\theta}{dt} = 140$ comme courbe de la vitesse. Nous en déduirons $I\theta$ et ζ (*fig. 2*, Pl. V).

Pour $t = 0'',06$, N change de signe et est négatif en même temps que M . La vitesse angulaire ne peut que diminuer et elle diminuera jusqu'à ce que M change lui-même de signe et acquière une valeur positive égale à N en valeur absolue ; la vitesse correspondante sera la vitesse limite. En prenant comme valeurs de $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$, celles correspondant à $t = 0'',06$, on trouve que c'est pour la vitesse $I \frac{d\theta}{dt} = 20$ que $M = + 2.500 = - N$.

La courbe de raccordement, pour passer de la vitesse $\frac{d\theta}{dt} = 140$ à la vitesse $I \frac{d\theta}{dt} = 20$, se construit par approximations successives, comme nous l'avons vu ci-dessus.

Pour $t = 0'',15$, N redevient positif. D'après les valeurs de ζ et de θ pour $t = 0'',15$, on calcule $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$, et on trouve sur les abaques que c'est pour la vitesse limite $I \frac{d\theta}{dt} = 130$ que $M = -1.500 = -N$.

Pour $t = 0'',31$, N est négatif ; la vitesse diminue jusqu'à zéro.

Pour $t = 0'',40$, le centre du premier essieu a passé à gauche de l'axe de la voie, tandis que les centres des autres essieux sont encore à droite. Les valeurs de ϵ_n sont du reste les suivantes : $\epsilon_1 = -1^{\text{mm}},2$, $\epsilon_2 = +2$ millimètres, $\epsilon_3 = +5^{\text{mm}},4$, $\epsilon_4 = +8^{\text{mm}},2$. A partir de $t = 0'',40$, la vitesse augmente légèrement ; elle redevient nulle quand le centre du second essieu traverse l'axe de la voie.

Pour $t = 0'',56$, le centre du dernier essieu est encore à droite de l'axe de la voie, N est négatif, et la vitesse de rotation tend à prendre une valeur négative, qui est à la limite : $I \frac{d\theta}{dt} = -25$.

Pour $t = 0'',68$, $I\theta = 31$, $\zeta = 8$ millimètres. On a :

$$\zeta + l_1\theta = 12 \text{ millimètres} = \epsilon,$$

et le boudin de la roue gauche du premier essieu arrive au contact du rail. A ce moment, la déviation θ de la machine a commencé à diminuer, mais l'ensemble de la machine n'en continue pas moins à se porter vers la gauche, du fait de la vitesse latérale $V\theta$. Seulement, pour que le mouvement puisse continuer, l'essieu d'avant restant fixe par suite du contact avec le rail du boudin de la roue

gauche, il faut que le plan incliné fonctionne, ce qui introduit une résistance nouvelle, dont le moment est, comme on l'a vu au § X :

$$M_1 = \left(\frac{1}{10} + f' \right) (P'_1 + P'_2) l + f (P_1 + P_2) e,$$

et a une valeur de 4.700 environ. Ce moment est donc très considérable, lorsque l'essieu d'avant n'est pas déchargé, et produit une accélération rapide du mouvement de rotation en sens inverse, tendant à redresser l'axe de la machine.

Dans ce qui précède nous n'avons pas tenu compte de la variation des pressions P des roues sur les points d'appui, sur les rails, variation due aux oscillations des ressorts, et effectivement elle n'a que peu d'influence pendant toute la partie du mouvement considérée jusqu'ici, d'abord parce que cette variation s'effectue rapidement et ensuite parce que, toutes les roues intervenant de la même façon dans la production des forces de frottement, la variation de la somme des moments de ces forces est relativement faible, attendu que la décharge de certaines roues correspond à la surcharge des autres. Mais, au moment où le boudin d'une roue d'avant est en contact avec le rail, il n'en est plus de même, par suite du jeu du plan incliné qui produit une résistance prépondérante, sauf lorsque, eu égard aux oscillations des ressorts, les pressions du bâti sur les boîtes à graisse, P'_1 et P'_2 , sont inférieures à leur valeur normale. Le moment M'_1 peut donc varier dans des limites étendues, et le mouvement de rotation subséquent peut présenter deux cas bien distincts.

1° Supposons que l'essieu d'avant ne soit pas déchargé. Le moment M'_1 est au moins égal à 4.700 et est négatif. Le moment $N = 1.500$ tend à faire tourner de droite à gauche ; mais, à cause de M'_1 , la rotation s'effectue réellement en sens inverse, avec une vitesse limite qu'on ob-

tiendra en équilibrant la différence $N + M' = -3.200$ par la somme des moments des forces de frottement des autres roues. On trouve ainsi : $I \frac{d\theta}{dt} = -140$, et la rotation vers la droite s'effectue très vite.

Il y a lieu de remarquer que cette vitesse a une limite dépendant de θ . En effet, pour que le plan incliné joue, il faut que le boudin de la roue gauche ne cesse pas de rester au contact du rail, c'est-à-dire qu'on doit avoir :

$$\zeta + l_1 \theta \geq \epsilon.$$

La condition $\zeta + l_1 \theta = \epsilon$, ou

$$\frac{d\zeta}{dt} + l_1 \frac{d\theta}{dt} = V\theta + l_1 \frac{d\theta}{dt} = 0,$$

donne la limite que ne doit pas dépasser la vitesse angulaire négative pour que le contact subsiste. Or, à mesure que θ diminue, $V\theta$ diminue également, tandis que $\frac{d\theta}{dt}$ reste sensiblement constant. Il arrive donc un moment où la vitesse angulaire, d'abord inférieure (en valeur absolue) à $\frac{V\theta}{l_1}$, lui devient égale, et à partir de ce moment le plan incliné cesse de fonctionner. D'autre part, s'il n'exerçait aucune réaction, la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ se mettrait à diminuer et redeviendrait inférieure à $\frac{V\theta}{l_1}$. Il en résulte que, à partir de l'instant où la condition : $V\theta + l_1 \frac{d\theta}{dt} = 0$, est réalisée, il n'y a, il est vrai, aucun déplacement du plan incliné, mais néanmoins il s'y exerce une réaction, inférieure à celle qui serait capable de produire ce déplacement, due à la pression du boudin sur le rail et ayant

pour effet de maintenir la condition ci-dessus, qui devient alors la loi du mouvement.

On en déduit :

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{v}{l_1} t}.$$

Cette condition subsiste tant que la vitesse angulaire, calculée en ne tenant compte que des moments M et N , est inférieure à celle qui se déduit de l'équation exponentielle. Cette première vitesse reste ordinairement inférieure à la seconde tant que N est contraire, mais lui devient supérieure dès que N est favorable à la rotation. Alors le contact du boudin avec le rail cesse, et le mouvement de la machine est libre. Il en résulte que, lorsqu'on arrive à $\theta = 0$, la vitesse de rotation est, comme nous l'avons admis au début, sensiblement égale à la vitesse limite pour laquelle on a $M = N$.

Dans ce cas, il n'y a pas contact avec le rail du boudin de la roue du second essieu ; le choc de la machine sur le rail ne dépend que du poids propre du premier essieu, c'est-à-dire est négligeable, et la réaction statique exercée par le boudin de la roue du premier essieu sur le rail est égale à la réaction du plan incliné, dont le maximum est : $\left(\frac{1}{10} + f'\right) (P'_1 + P'_2)$. Le poids $P'_1 + P'_2$ est égal, lorsque les ressorts ont leur flèche normale, à 10.000 kilogrammes environ ; en admettant : $f' = \frac{1}{20}$, on a :

$$\left(\frac{1}{10} + f'\right) (P'_1 + P'_2) = 1.500 \text{ kilogrammes.}$$

Même en supposant qu'au moment précis où s'exerce la réaction maxima sur le rail, la pression $P'_1 + P'_2$ sur les boîtes à graisse soit doublée, on voit que la réaction latérale du boudin sur le rail ne dépasse pas 3.000 kilogrammes. Cette réaction n'est pas très considérable, et

on peut admettre que, dans le cas qui nous occupe, la locomotive dans son mouvement de lacet n'exerce sur la voie aucune action réellement nuisible.

2° Mais il n'en est pas toujours ainsi. Supposons, en effet, qu'au moment du contact du boudin de la première roue gauche avec le rail l'essieu d'avant soit déchargé de façon que le moment résistant du plan incliné soit 2.500, au lieu de 4.700, ce qui correspond à peu près à une décharge de moitié, parfaitement admissible, comme je l'ai démontré dans l'étude des oscillations des ressorts.

On trouve alors que la vitesse de rotation en sens inverse est seulement $I \frac{d\theta}{dt} = 50$ (en tenant compte de la surcharge des essieux d'arrière correspondant à la décharge de ceux d'avant). En construisant $I\theta$ et ζ (partie ab de la courbe $I\theta$ de la *fig. 2*, Pl. V), on s'aperçoit que le boudin de la roue gauche du second essieu arrive au contact du rail, c'est-à-dire qu'on a : $\zeta + l_2\theta = \varepsilon$, pour $t = 0",765$, $I\theta = 28$.

Ainsi, il suffit que l'essieu d'avant soit déchargé pendant 8 centièmes de seconde, ou, pour parler plus exactement, il suffit que la décharge moyenne pendant cette durée ait une valeur suffisante, pour que le boudin de la roue du second essieu arrive au contact du rail. Ce fait, qui dépend de la concordance éventuelle des oscillations des ressorts avec les oscillations du lacet de la machine, doit se produire forcément à certains moments et se reproduire même périodiquement. Il suffit, pour s'en assurer, de comparer les courbes représentant les deux espèces d'oscillations; on peut même trouver ainsi l'intervalle, relativement assez grand, qui sépare deux chocs consécutifs du second essieu sur la voie.

Ce second essieu, qui est l'essieu moteur principal, est absolument solidaire du bâti. Par conséquent, au moment du contact du boudin d'une de ses roues avec le rail, toute

la machine se trouve arrêtée et la vitesse V_0 est annulée.

L'impulsion de la percussion reçue par le rail a pour mesure la quantité de mouvement perdue et est, par suite, égale à $\frac{\Pi}{g} V_0$, Π étant le poids total de la machine, déduction faite du poids propre de l'essieu d'avant.

Pour $I_0 = 28$, la vitesse $V_0 = 0^m,03513$, soit environ 3 centimètres et demi par seconde, V étant égal à $25^m,13$, soit un peu plus de 90 kilomètres à l'heure :

$$\frac{\Pi}{g} V_0 = 4.387 \times 0,03513 = 154,115.$$

Cherchons, comme terme de comparaison, quelle devrait être la hauteur de chute d'un mouton de 300 kilogrammes, pour qu'il produisît un choc analogue. Nous aurons pour la vitesse de chute, v_1 :

$$\frac{300}{g} v_1 = 154,115,$$

d'où :

$$v_1 = 5^m,02.$$

En appliquant la relation : $h = \frac{v_1^2}{2g}$, nous en déduisons $h = 1^m,30$.

Ainsi le choc latéral de la machine sur le rail est le même que celui d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de $1^m,30$ de hauteur.

Ce choc, très considérable, peut parfaitement désorganiser la voie, surtout dans ses parties faibles.

En outre, pendant toute la durée du contact, le boudin exerce sur le rail une poussée latérale, que nous avons étudiée au § IX pour une machine à empattement rigide total. Nous avons vu que cette poussée X est donnée par l'expression :

$$X = F - \frac{\Pi}{l_2} \frac{d^2\theta}{dt^2},$$

tandis qu'on a :

$$I_2 \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M + I_2 F.$$

Ici, la valeur F est la résultante des forces de frottement des trois essieux d'arrière, qu'on peut à la limite supposer dirigées suivant ces essieux, et de la réaction des plans inclinés d'avant, qui est dirigée en sens inverse des forces de frottement.

En tenant compte de la décharge de moitié sur l'essieu d'avant et de la surcharge correspondante sur les essieux d'arrière, on a :

1° Pour un coefficient d'adhérence, $f = \frac{1}{10}$:

$$\begin{aligned} F &= 3.800 - 750 = 3.050, \\ I_2 F &= 0,64 \times 3.050 = 1.952. \end{aligned}$$

2° Pour $f = \frac{1}{5}$:

$$\begin{aligned} F &= 7.600 - 750 = 6.850, \\ I_2 F &= 0,64 \times 6.850 = 3.904. \end{aligned}$$

La somme M des moments des forces par rapport au centre de gravité est, pour un coefficient $f = \frac{1}{10}$, $M = 6.311$.

D'où : $M + I_2 f = 8.263$.

En donnant à N la plus forte valeur qu'il peut avoir, soit 4.800, et en supposant que N tende à appliquer le boudin contre le rail, on a :

$$\begin{aligned} \frac{\Pi}{g} I_2 \frac{d^2\theta}{dt^2} &= \frac{1}{I_2} \left(1 - \frac{I}{I_2}\right) (N + M + I_2 F) \\ &= \frac{1}{0,64} (1 - 0,91) (8.263 - 4.800) = 487. \end{aligned}$$

Pour un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{10}$, on a donc :

$$X = 3.050 - 487 = 2.563 \text{ kilogrammes.}$$

On trouve de même, pour un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{5}$:

$$X = 6.850 - 1.381 = 5.470 \text{ kilogrammes.}$$

La poussée latérale de la machine sur le rail acquiert donc, dans certains cas, des valeurs voisines de 6.000 kilogrammes.

Reprenons maintenant l'analyse du mouvement.

A partir du moment où le boudin de la roue de l'essieu moteur est en contact avec le rail, la rotation s'effectue en réalité autour du centre de cet essieu, et non plus autour du centre de gravité. L'équation du mouvement est :

$$I_2 \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M + l_2 F,$$

et elle reste applicable tant qu'on a : $V\theta > l_2 \frac{d\theta}{dt}$.

La valeur $M + l_2 F$ reste voisine de son maximum jusque vers la fin de l'intervalle pendant lequel cette condition est réalisée, parce que la valeur $V\theta$ est au début beaucoup plus grande que $l_2 \frac{d\theta}{dt}$.

Posons donc, conformément au calcul fait un peu plus haut, $M + l_2 F = 8.263$. $N = 1.500$ et s'oppose au mouvement depuis $t = 0",765$ jusqu'à $t = 0",81$. Nous construisons donc facilement la courbe de la vitesse dans cet intervalle de temps. Cette vitesse augmente très rapidement. Pour $t = 0",83$, on a : $I \frac{d\theta}{dt} = 440$, $l_2 \frac{d\theta}{dt} = 0,01508$,

$I\theta = 12$, $V\theta = 0,015$. La condition $V\theta = l_2 \frac{d\theta}{dt}$ se trouve donc réalisée, et le contact du second essieu avec le rail cesse. A partir d'alors, il ne faut plus tenir compte que de la réaction du plan incliné d'avant pour étudier le mouvement de la machine. La vitesse diminue rapidement.

parce que toutes les forces de frottement donnent des moments opposés et voisins de leur maximum. N est du reste favorable; la vitesse diminuera donc jusqu'à la valeur limite, 180 environ, pour laquelle les moments N et M se font équilibre. Par conséquent, lorsque θ devient nul, pour $t = 0^{\text{''}},87$, la vitesse est voisine de cette valeur limite, et on vérifie ainsi que la valeur initiale de la vitesse, que nous avons admise au début, est, dans tous les cas, exacte.

Le déplacement du centre de gravité est, pour $t = 0^{\text{''}},83$, donné par la relation : $\zeta + l_2\theta = \varepsilon$; d'où $\zeta = 11^{\text{mm}},62$. A l'instant où la machine est redressée, pour $t = 0^{\text{''}},87$, on a : $\zeta = 11^{\text{mm}},87$. Il s'en faut donc seulement de 13 centièmes de millimètre que les boudins de toutes les roues soient collés au rail.

Le pas de la demi-oscillation du mouvement de lacet est voisin de 9 dixièmes de seconde. Mais, comme nous l'avons dit au début de ce paragraphe, ce pas peut être beaucoup plus allongé dans certains cas, notamment si l'essieu accouplé n'a pas de jeu.

XVIII. — Influence du tender sur le mouvement de lacet.

Nous allons reprendre l'étude ci-dessus en tenant compte de l'action du tender, qui, comme on l'a dit au § XIV, n'a en alignement une importance réelle que par suite du frottement des tampons.

Considérons un tender dont la silhouette et les données principales sont indiquées sur la *fig. 4*, Pl. VI. Le moment d'inertie par rapport à l'axe passant par le centre de gravité du tender est d'environ 7.000.

Supposons que la pression $Q_0 + Q_1$ d'un tampon sur l'autre soit de 2.840 kilogrammes, ce qui produit une

réaction du tender sur la locomotive, et inversement, de 5.680 kilogrammes. En admettant que le coefficient de frottement des tampons l'un sur l'autre soit de $\frac{1}{5}$, la force de frottement qu'il faut vaincre pour produire un déplacement relatif des tampons est de 1.136 kilogrammes, et cette force de frottement donne, par rapport à l'axe vertical passant par le centre de gravité de la locomotive, un moment égal à 4.540. Ce moment est donc très élevé et capable d'empêcher tout déplacement relatif entre la locomotive et le tender.

Quand ces deux véhicules occupent des positions angulaires θ et θ' , ils sont animés de vitesses latérales $V\theta$ et $V\theta'$, parce que la force de frottement des tampons, égale à 1.136 kilogrammes et, par suite, inférieure à fII' (II' poids du tender), est incapable d'empêcher ce mouvement latéral. Nous nous trouvons donc bien dans le cas qui a été exposé à la fin du § XIV.

Nous prendrons toujours comme origine du temps l'instant où l'axe de la locomotive est parallèle à la voie : $\theta = 0$. Nous supposons que, à ce moment, ζ est très voisin du demi-jeu de la voie ϵ .

On ne peut connaître *a priori* la situation qu'occupe le tender pour $t = 0$, mais il est à présumer que l'angle θ' n'est pas nul. En effet, la locomotive entraîne le tender dans son mouvement et arrive la première au contact du rail, s'il y a contact. La poussée du rail qui naît de ce contact redresse rapidement l'axe de la machine, tandis que rien de tel ne se passe sur le tender. L'angle θ doit être alors beaucoup plus petit que θ' et, lorsque $\theta = 0$, θ' possède encore une certaine valeur. Cette hypothèse sera, du reste, vérifiée par la construction.

Soit ϵ_0 , la quantité dont un tampon de la locomotive s'est écarté de la position normale, pour laquelle les axes de la locomotive et de la voie coïncident.

Nous prendrons comme valeurs initiales : $\theta = 0$, $\zeta = 11^{\text{mm}},9$, $\varepsilon_0 = 11^{\text{mm}},9$, $l\theta' = 20$, $\zeta' = 8^{\text{mm}},8$.

La locomotive est sur la droite de l'axe de la voie. Elle commence donc son mouvement de rotation de droite à gauche, et la loi de ce mouvement, ainsi que de celui du tender, est donnée par les équations (1), (2) et (3) du § XIV.

Il faut remarquer que, dès son début, la rotation de la locomotive est contrariée par le contact avec le rail du boudin de la roue droite de l'essieu accouplé. Supposons que cet essieu n'ait aucun jeu par rapport au bâti. Nous avons, pour $t = 0$, $\varepsilon - \zeta = 0^{\text{mm}},1$. Au moment où l'essieu accouplé se trouvera arrêté par le rail, on aura : $\zeta + l_3\theta_0 = \varepsilon$; d'où $\theta_0 = \frac{\varepsilon - \zeta}{l_3}$. Il se produira ensuite une poussée du rail sur l'essieu accouplé, telle que le mouvement de la locomotive obéira à la loi exponentielle connue :

$$\theta = \theta_0 e^{\frac{v}{l_3} t},$$

jusqu'à ce que l'accélération qui se déduit de cette équation, $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{V^2}{l_3^2} \theta$, devienne égale à l'accélération $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{I} (N + M + lF)$, due aux forces appliquées. Cette exponentielle est applicable pendant une durée d'autant plus grande que θ est plus petit.

Le mouvement de la locomotive étant connu, celui du tender s'en déduira par l'équation :

$$v\theta' + l \frac{d\theta'}{dt} = -v_0 + l \frac{d\theta}{dt},$$

dans laquelle le second membre est connu et égal, en vertu de la relation exponentielle, à :

$$(l - l_3) \frac{d\theta}{dt} = \frac{l - l_3}{l_3} v_0.$$

L'intégrale de cette différentielle est :

$$\theta' = e^{-\frac{v}{l_3} t} \left[\theta'_0 + \int_0^t \frac{l - l_3}{l l_3} v \theta e^{\frac{v}{l_3} t} dt \right].$$

On peut donc construire θ et θ' , ainsi que les vitesses angulaires et les accélérations.

Pour trouver à quel moment l'exponentielle cesse d'être applicable, il faut procéder par tâtonnements. On calcule, à cet effet, l'accélération du tender et on en déduit par l'égalité : $I' \frac{d^2\theta'}{dt^2} = M' + l'F$, la valeur de $l'F$, moment de la réaction des tampons par rapport au centre de gravité du tender; on substitue ensuite la valeur de F dans l'expression $N + M + lF$, qu'on compare à $\frac{V^2}{l_3^2} I\theta$.

Dans notre exemple, l'égalité se produit pour $t = 0',055$. On a alors, comme il est facile de le vérifier :

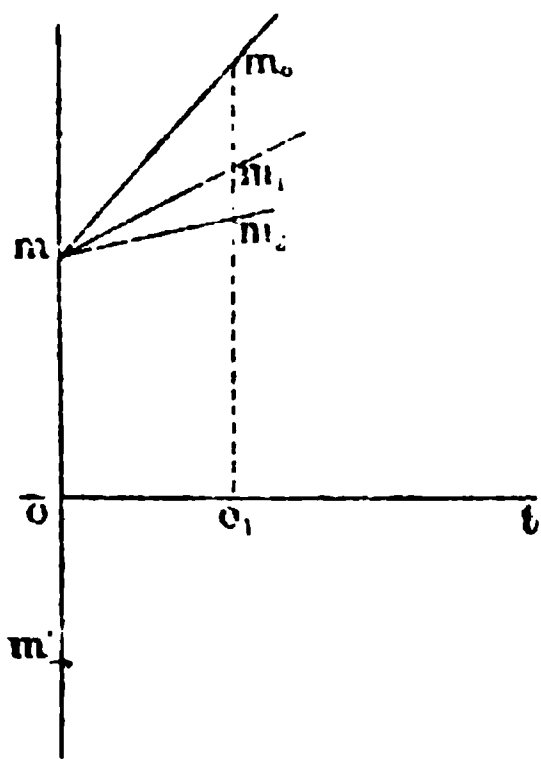


FIG. 27.

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = 950,$$

$$N + M + lF = 3.000 - 2.050 = 950.$$

A partir de ce moment l'accélération due aux forces appliquées est moins grande que celle qui résulterait de la loi exponentielle, il n'y a plus de poussée du rail sur l'essieu accouplé, et le mouvement de la machine est libre.

Pour continuer l'étude de la rotation, nous appliquerons la méthode suivante :

Soit (*fig. 27*) :

$$Om = I \frac{d\theta}{dt}, \quad Om' = I \frac{d\theta'}{dt}.$$

valeurs proportionnelles aux vitesses angulaires à un moment quelconque. Nous prenons pour le tender la quantité $I \frac{d\theta'}{dt}$, produit de la vitesse angulaire par le moment d'inertie de la locomotive, pour simplifier les calculs et pouvoir comparer plus facilement les vitesses angulaires de la locomotive et du tender.

Le sens de la variation de la vitesse, $I \frac{d\theta}{dt}$, est toujours déterminé, à un instant quelconque, d'après les valeurs de N et M , bien qu'on ne connaisse pas le terme IF qui entre dans la différentielle :

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = N + M + IF.$$

En effet, si ce terme IF n'existait pas dans la différentielle, la vitesse croîtrait comme le représente la ligne mm_0 , par exemple. L'action du tender, qui se traduit par le terme IF , a pour effet de contrarier le mouvement de la locomotive, mais sans en changer le sens, de sorte que $I \frac{d\theta}{dt}$ croît comme l'indique la courbe mm_1 , du reste inconnue. En considérant un intervalle suffisamment petit, nous pourrions faire une première hypothèse acceptable, à savoir que mm_1 est une ligne droite. Nous tracerons donc arbitrairement, à partir du point m et au-dessous de mm_0 , une droite mm_1 , que nous supposerons représenter la vitesse $I \frac{d\theta}{dt}$. Le rapport :

$$\frac{O_1m_1 - Om}{OO_1} = \frac{\Delta I \frac{d\theta}{dt}}{\Delta t}$$

nous donnera l'accélération moyenne $I \frac{d^2\theta}{dt^2}$ et, par suite, F , puisque N et M sont connus.

Nous calculerons ensuite la vitesse angulaire du tender, qui correspond à $I \frac{d\theta}{dt} = O_1 m_1$, en appliquant la relation de condition :

$$v\theta' + l \frac{d\theta'}{dt} = v\theta - l \frac{d\theta}{dt},$$

dans laquelle le second membre est connu. On peut, par suite, trouver $\frac{d\theta'}{dt}$ et θ' , soit en se servant de l'intégrale de cette différentielle, soit, ce qui est plus simple et plus rapide en pratique, par approximations successives, la valeur de θ' pour $t = 00$, ne différant pas beaucoup de la valeur initiale.

On obtient donc la vitesse angulaire du tender et, par suite, l'accélération, d'où on déduit par application de l'égalité :

$$I' \frac{d^2\theta'}{dt^2} = M' + l F,$$

une seconde valeur de F .

La courbe mm_1 sera la vraie courbe de vitesse $I \frac{d\theta}{dt}$, si les valeurs de F obtenues par les deux procédés que nous venons d'indiquer sont égales.

On n'arrive ordinairement à ce résultat que par une série d'approximations auxquelles on procède comme il suit. Après avoir pris pour point de départ une ligne arbitraire mm_1 , on calcule comme il a été dit l'accélération du tender et la valeur de F qui s'en déduit ; on porte cette valeur de F dans la différentielle du second ordre exprimant le mouvement de la locomotive, et on trouve ainsi une deuxième ligne mm_2 , représentant la vitesse $I \frac{d\theta}{dt}$ d'une façon plus approchée que mm_1 .

Il est facile de s'assurer que cette méthode d'approximation est rigoureuse.

En l'appliquant à notre exemple, on construit les parties bc et $b'c'$ des courbes $I\theta$ et $I\theta'$ (*fig. 1*, Pl. VI).

On reconnaît que, pour $t = 0'',12$, on a $\zeta' + l'\theta' = e$ et que, par suite, le boudin de la roue droite d'avant du tender arrive au contact du rail.

Il est à remarquer que, quand même l'essieu d'avant du tender aurait un jeu des fusées dans les coussinets, par rapport au bâti, ce jeu est épuisé sur la droite, dans la position du tender actuellement considérée, parce que, à partir de l'instant où le centre de l'essieu d'avant a traversé l'axe de la voie en allant de gauche à droite, le bâti a profité du jeu des fusées, la résistance à vaincre étant pour cela moins grande que pour déplacer l'essieu. Ainsi, lorsque se produit le contact avec le rail, l'essieu d'avant du tender peut être considéré comme solidaire du bâti.

Il y a donc un choc important du tender sur le rail et une réaction latérale du boudin sur le rail, par suite de laquelle le redressement du tender se trouve accéléré.

La réaction des tampons atteint alors sa limite maxima, et la vitesse angulaire de la locomotive se trouve annulée jusqu'à ce qu'on ait $\theta' = 0$. On obtient pendant cette période les fractions cd et $c'd'$ des courbes $I\theta$ et $I\theta'$.

Ensuite le tender s'incline, comme la locomotive, de droite à gauche, et le mouvement s'étudie comme il a été expliqué un peu plus haut. La *fig. 1*, Pl. VI, donne les courbes des angles, des vitesses angulaires et des écarts du centre de gravité de la locomotive et du tender.

On reconnaît que, pour $t = 1'',30$, on a : $\theta = 0$ à gauche, $\zeta = 9$ millimètres avec $\zeta' = 6^{\text{mm}},9$, $I\theta' = 14$ pour le tender. Par conséquent, la locomotive se redresse, et le mouvement est renversé avant que le boudin de la roue gauche d'avant arrive au contact du rail. Il n'y a donc ni choc, ni réactions sur la voie.

On pourrait penser que ce résultat tient aux valeurs initiales admises au début et que nous trouvons être

fausses. Mais il n'en est rien, car, si nous continuons la construction par l'étude du mouvement inverse de gauche à droite, nous retrouvons pour $t = 2'',60$:

$$\theta = 0, \quad \zeta = 10 \text{ millimètres}, \quad \theta' = 10, \quad \zeta = 7^{\text{mm}},5.$$

La demi-période d'oscillation est d'environ 1 seconde 30 centièmes.

L'action du tender a donc pour effet de rendre le mouvement de lacet de la machine inoffensif par rapport à la voie.

Mais il faut remarquer que cette conclusion favorable est subordonnée à un certain nombre d'hypothèses que nous allons rappeler et discuter.

1° Nous avons admis que le serrage des tampons restait invariable, et nous n'avons pas ainsi tenu compte de l'élasticité de l'attelage. En réalité, l'effort moteur de la machine transmis à la barre d'attelage par l'intermédiaire du ressort de traction varie, à chaque tour de roue, dans des limites assez étendues (on les étudie comme il a été dit au § II), de sorte que le ressort de traction peut osciller dans certains cas, et la réaction des tampons est sujette à varier.

2° Nous avons admis également que le poids du tender restait constant, tandis que, au contraire, à mesure que la provision d'eau s'épuise, ce poids diminue notablement. Le tender de 25 tonnes en charge complète, pris comme exemple, contient 10 mètres cubes d'eau, sans compter 2 à 3 tonnes de combustible ; son poids varie donc, en réalité, de 25 tonnes à 15 tonnes environ. D'ailleurs, il est évident que plus le poids du tender est faible, moins est efficace son action sur le lacet de la machine.

3° Nous avons admis, enfin, que le coefficient de frottement des tampons l'un sur l'autre était de $\frac{1}{5}$. Nous pensons

que c'est là une limite supérieure. Ce coefficient doit probablement varier de la même façon que le coefficient de frottement des roues sur les rails, ou coefficient d'adhérence. Par suite, il peut s'abaisser à $\frac{1}{10}$ et même à moins, d'autant plus que les surfaces en contact des tampons de la machine et du tender acquièrent plus ou moins de poli, par suite de leur frottement constant, et doivent donc glisser facilement l'une sur l'autre.

L'action du tender sur la machine peut ainsi se trouver considérablement amoindrie.

L'étude que nous en avons faite dans ce paragraphe permet de se rendre compte du coefficient de frottement et du serrage des tampons, qui sont nécessaires pour que l'effet soit tel que nous l'avons indiqué.

La réaction F entre tampons doit toujours être inférieure à la réaction provenant du glissement. Il s'agit donc de déterminer le maximum de F .

Considérons, par exemple, l'intervalle de temps correspondant à la partie ef de la courbe $I\theta$ (*fig. 1*, Pl. VI). L'angle θ augmente, N est favorable à la rotation, et la vitesse $I \frac{d\theta}{dt}$, après avoir augmenté rapidement à partir de l'instant où N est favorable, reste sensiblement constante pendant une certaine durée. Il en résulte qu'on peut regarder l'accélération comme nulle, et qu'on a :

$$N + M - IF = 0.$$

N et M étant connus, on en déduit F .

Plus la force de frottement des tampons s'éloignera du maximum ainsi déterminé, moins le tender exercera d'effet sur le mouvement de rotation de la machine.

Pour la vitesse, $I \frac{d\theta}{dt}$, considérée, M est ordinairement voisin de zéro. Il ne peut, en tout cas, jamais avoir une

valeur positive importante. Par conséquent, le maximum de lF est égal au maximum de N .

En pratique, il suffit que le moment de la force de frottement des tampons soit au moins égal à la moyenne de N . Dans le cas pris comme exemple, il suffit donc qu'on ait : $lF = 2.500$; d'où : $F = 625$ kilogrammes. Pour un

coefficient de frottement entre tampons de $\frac{1}{5}$, cette valeur

de F correspond à un serrage de : $5 \times 625 = 3.125$ kilogrammes, inférieur au serrage de 5.680 kilogrammes que nous avons admis. Pour un coefficient de frottement de

$\frac{1}{10}$ qui est, pensons-nous, beaucoup plus près de la réalité

que le premier, la valeur limite de F correspond à un serrage de 6.250 kilogrammes, un peu plus grand que le serrage admis. Ainsi, dans ce cas, l'action des tampons n'aurait qu'une efficacité incomplète ; le mouvement de lacet de la machine serait intermédiaire entre les mouvements représentés par les courbes des *fig. 2*, Pl. V, et 1, Pl. VI.

On peut conclure, en résumé, que le serrage des tampons exerce un effet salulaire sur le mouvement de lacet de la locomotive, mais qu'il peut se présenter telles circonstances où ce serrage n'a plus qu'une efficacité restreinte. On aurait donc tort de compter uniquement sur ce moyen pour rendre stables des locomotives qui, comme celle prise comme exemple dans les deux précédents paragraphes, ne le sont pas par elles-mêmes.

XIX. — Comparaison entre quelques types de locomotives.

J'ai cru devoir entrer dans les longs développements qui précèdent pour bien montrer qu'on peut faire l'étude

complète du mouvement de lacet des locomotives et des conséquences qu'il entraîne au point de vue de la stabilité des machines et de la voie. La place nous manque pour étudier en détail d'autres types de locomotives. Du reste, cette tâche revient, à juste titre, aux ingénieurs de la traction qui seront curieux de connaître l'allure réelle de leurs locomotives.

Nous nous bornerons à donner quelques résultats sur la stabilité des trois types de machines représentés par les silhouettes des *fig. 2, 3 et 4*, Pl. VI.

La locomotive de la *fig. 4* est celle étudiée dans les paragraphes précédents. Nous avons reconnu que cette locomotive peut, dans certaines circonstances, exercer sur la voie, par l'intermédiaire de son premier essieu moteur rigide, placé à une certaine distance en avant du centre de gravité, des chocs et des réactions très considérables. Elle n'a donc pas une stabilité suffisante et cela tient principalement à la position du premier essieu moteur rigide. Plus cet essieu serait reporté vers l'arrière, plus la machine serait stable.

Cette conclusion relative aux machines à essieux moteurs centraux et à essieux porteurs aux extrémités n'est pas neuve; elle a été démontrée pratiquement par les expériences effectuées en 1889 sur l'initiative de la C^e Paris-Lyon-Méditerranée. Elle se trouve expliquée par notre analyse.

L'infériorité de ces machines ne tient pas uniquement, comme on l'a avancé quelquefois, à ce que les cylindres sont extérieurs et placés en porte-à-faux à l'avant du premier essieu; car cette position des cylindres à l'avant n'a pour effet direct que d'augmenter les oscillations de l'avant de la machine dues aux réactions des têtes de bielle sur les glissières; or, ces oscillations n'ont qu'une faible importance par rapport à celles dues aux inégalités de la voie.

Le moment N des efforts exercés sur les longerons est

plus grand lorsque les cylindres sont extérieurs que lorsqu'ils sont intérieurs ; aussi l'amplitude de la déviation de la machine est-elle plus grande dans le premier cas que dans le second. Mais l'effet du moment N n'a au fond qu'une influence assez restreinte sur le mouvement de rotation et la disposition des cylindres à l'extérieur ou à l'intérieur des longerons ne modifie pas essentiellement l'allure des machines.

Le but principal à atteindre pour que le mouvement de lacet soit inoffensif est de faire en sorte que la déviation de la machine change de sens avant qu'aucun essieu rigide (ou pouvant se comporter comme tel) arrive au contact du rail. Il y a, à cet effet, quatre mesures à prendre, dont les deux premières sont essentielles. Il faut : 1° reporter le plus possible vers l'arrière les essieux moteurs rigides ;

2° Munir le ou les essieux d'avant d'appareils leur permettant de se déplacer transversalement par rapport au bâti, ce déplacement devant être d'ailleurs combattu par un dispositif de rappel ;

3° Augmenter le plus possible l'empattement, dans lequel il faut comprendre les essieux non rigides ;

4° Enfin, accessoirement, placer les cylindres à l'intérieur ou employer 4 cylindres.

Ces conditions se trouvent souvent réunies dans les locomotives à bogie et sont la raison de la supériorité de ces machines.

Par exemple, la locomotive à bogie de la *fig. 2*, Pl. VI, prend un mouvement de lacet d'amplitude presque aussi grande que la locomotive de la *fig. 11* (en supposant que les moments N sont les mêmes). Mais, si le bâti peut se déplacer transversalement sur le bogie, le mouvement change de sens avant que le premier essieu rigide arrive au contact du rail.

Si le bâti ne peut se déplacer transversalement sur le bogie, il se produit, au moment où le premier essieu du

bogie se trouve arrêté par le rail, des chocs et des réactions. Mais, comme je l'ai fait observer au § XI, les boudins des deux roues d'un même côté du bogie arrivent ordinairement en même temps au contact du rail et, par suite, chocs et réactions se trouvent répartis en deux points du rail. L'effet sur la voie n'en est pas moins très considérable. Aussi faut-il regarder comme indispensable de permettre au bâti un certain déplacement transversal sur le bogie.

La locomotive de la *fig. 3*, Pl. VI, est une machine mixte à 3 essieux accouplés pouvant servir indifféremment à remorquer des trains de marchandises ou des trains de voyageurs de vitesse peu élevée. On a depuis longtemps observé que ces machines mixtes se comportent mal aux vitesses un peu grandes, 60 à 70 kilomètres à l'heure, et elles ont parfois déraillé en pleine voie, même en alignement, sans cause apparente bien déterminée. Si on étudie le lacet de ces locomotives, on reconnaît que, effectivement, leur stabilité laisse beaucoup à désirer, surtout lorsque l'essieu d'avant n'est pas muni de plans inclinés. Dans ce dernier cas, on donne ordinairement aux fusées de l'essieu d'avant un jeu dans les coussinets, pour favoriser l'inscription dans les courbes. Mais ce jeu des fusées ne s'oppose qu'imparfaitement au mouvement de rotation du bâti, en sorte que, lorsque le boudin d'une des roues d'avant arrive au contact du rail, le jeu est épuisé et l'essieu d'avant se comporte comme s'il était rigide. Les chocs et les réactions sur les rails atteignent ainsi leur maximum. La locomotive de la *fig. 3*, supposée sans plans inclinés, exerce des chocs latéraux sur la voie qui équivalent à la chute d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de plus de 3 mètres de hauteur. Quant aux réactions statiques, elles atteignent 6 à 7.000 kilogrammes et donnent des composantes verticales parfaitement capables d'amener le déraillement des roues d'avant, si ces roues

sont déchargées par suite des oscillations du bâti, d'ailleurs très importantes.

Ces résultats montrent la nécessité de limiter la vitesse des machines mixtes, de munir l'essieu d'avant de plans inclinés et de graisser les boudins des roues d'avant.

La question de l'accélération des trains express étant, à l'heure actuelle, un peu partout à l'ordre du jour, il importe d'examiner de près les diverses questions qui s'y rattachent, la question de sécurité notamment, qui dépend d'éléments divers, parmi lesquels il faut compter en première ligne la stabilité des locomotives.

Plusieurs ingénieurs ont récemment émis l'avis que la stabilité des machines actuellement employées sur les chemins de fer est suffisante pour ne pas faire obstacle à un accroissement de la vitesse. Dans son discours du 5 juin 1893 à la Société des Ingénieurs civils, M. du Bousquet s'exprimait ainsi :

« Ce qui fait qu'on ne marche pas partout sur nos voies
 « ferrées à raison de 120 kilomètres à l'heure, ce n'est
 « pas une question de sécurité, c'est une question de
 « puissance ; la locomotive n'est pas assez forte pour
 « remorquer à 120 kilomètres à l'heure, ailleurs que sur
 « les pentes, les charges qu'on lui donne à trainer. »
 M. Varennes, dans son mémoire sur l'accroissement de la vitesse des trains express en France (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, novembre 1895) ajoute :
 « Il y a quarante-deux ans qu'on marche en France à
 « raison de 120 kilomètres à l'heure ; *jamais* aucun acci-
 « dent imputable à cette vitesse ne s'est produit. L'expé-
 « rience est assez longue pour être concluante. »

Malgré ces opinions si autorisées, du reste, un doute ne cesse pas de planer sur la question. D'abord, il n'est

pas bien sûr qu'il ne se soit jamais produit aucun accident imputable à la vitesse. Elle semble, au contraire, n'avoir pas été étrangère à un certain nombre de déraillements en pleine voie. En second lieu, les grandes vitesses n'ont été jusqu'ici réalisées qu'exceptionnellement, sur des portions de voie bien surveillées et qu'on s'est efforcé de consolider le plus possible. Il y a eu entre la locomotive et la voie quelque chose d'analogue à la lutte entre l'obus et la cuirasse. A mesure qu'on a augmenté la vitesse et le poids des machines, éléments desquels dépend principalement l'action dévastatrice exercée par la locomotive sur la voie, on a reconnu la nécessité de renforcer la voie d'une manière parallèle; et c'est grâce à cette précaution que l'augmentation de la vitesse a pu ne pas compromettre la sécurité. Si donc il n'est pas rigoureux de dire, d'une manière trop générale, que la vitesse n'est pas une cause de danger, cette proposition est pourtant exacte avec cette restriction qu'elle ne doit s'appliquer ou qu'à des voies renforcées, ou qu'à des locomotives parfaitement stables.

Il importe donc beaucoup de pouvoir apprécier le degré de stabilité des machines.

Dans des mémoires antérieurs (*Annales des Mines*, juin 1893 et juillet 1894) et dans celui-ci, je me suis proposé d'étudier la locomotive au double point de vue du moteur et du véhicule, où il faut la considérer. De l'étude de la locomotive en tant que véhicule il résulte qu'on peut assez facilement apprécier le degré de stabilité d'une machine donnée et qu'il existe des machines parfaitement stables, c'est-à-dire n'exerçant aucune action nuisible sur la voie. Pour celles-ci seulement, il est vrai de dire que l'accroissement de la vitesse n'engage pas la question de sécurité, même sur des voies ordinaires.

Il n'y a plus alors à examiner que la question de puissance.

Cette puissance peut être accrue par deux moyens,

soit en augmentant la vaporisation des chaudières, soit en améliorant le rendement du moteur.

Le premier moyen conduit à un accroissement simultané de la puissance et du poids, d'où il résulte que la puissance par unité de poids ne change pas sensiblement. Cela ne résout donc pas le problème, car ce qu'il faut obtenir c'est une augmentation de la puissance pour un poids invariable.

Quant à l'amélioration du moteur, la recherche du rendement exact des machines montre quelle est la limite qu'on ne pourra pas dépasser avec la locomotive à vapeur. Cette recherche conduit, en effet, à apprécier les causes de perte de rendement et jusqu'à quel point on peut y remédier. Il est facile de démontrer que, par rapport aux locomotives ordinaires à simple expansion et à distribution par tiroir, le maximum d'économie qu'on puisse faire est d'environ un tiers. Ce résultat n'a pas été encore obtenu, il est vrai; mais il peut l'être sans grande difficulté par des moyens dont la plupart ont déjà reçu la sanction de l'expérience. Cette économie d'un tiers sur la vapeur dépensée permettra d'accroître d'autant le travail produit. On voit ainsi apparaître la possibilité de réaliser, avec les charges actuelles des trains, des vitesses moyennes de marche variant entre 100 et 120 kilomètres à l'heure. La locomotive à vapeur ne permettra jamais d'aller au-delà, et il en est de même d'ailleurs de tout système de moteur qui devra se transporter avec son train. La traction par l'électricité, au moyen de conducteurs électriques placés le long des voies, est seule capable, si elle peut jamais être appliquée, de reculer ces limites.

Bourges, 8 février 1896.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages (*).
INTRODUCTION	413

PREMIÈRE PARTIE.

OSCILLATIONS D'UNE LOCOMOTIVE SUR LES RESSORTS.

I. — Équations générales des oscillations d'un véhicule porté par des ressorts.....	415
II. — Équations de condition.....	419
III. — Intégration des équations	423
IV. — Étude de la courbe formée par les rails sous les roues d'une locomotive.....	427
V. — Réactions de la crosse du piston sur les glissières	429
VI. — Oscillations propres des ressorts.....	431
VII. — Influence des dénivellations de la voie sur les oscillations des ressorts.....	434
VIII. — Loi de périodicité des oscillations.....	438
IX. — Amplitude des oscillations	445
X. — Oscillations dues aux réactions de la crosse du piston sur les glissières	454
XI. — Influence de la différence de flexibilité des ressorts	457
XII. — Cas d'une locomotive à quatre essieux	461
XIII. — Cas d'une machine à bogie.....	462

DEUXIÈME PARTIE.

MOUVEMENT DE LACET.

CHAPITRE PREMIER.

Mouvement de lacet d'une locomotive. — Forces appliquées.

	Pages (**).
I. — Considérations sur les mouvements parasites. Leur définition	232

(*) Tome IX, 1^{er} semestre 1896.

(**) Tome X, 2^e semestre 1896.

	Pages.
II. — Étude des forces provenant de l'action de la vapeur et de celle des pièces en mouvement relatif. Locomotives à cylindres extérieurs.....	235
III. — Locomotives à cylindres intérieurs.....	245
IV. — Locomotives compound à quatre cylindres.....	246
V. — Frottements des roues sur les rails dans les mouvements latéraux d'une locomotive	250

CHAPITRE II.

Mouvement de lacet en alignement et en courbe.

VI. -- Résolution de l'équation générale du mouvement de lacet	258
VII. — Contact des mentonnets avec les rails. Chocs sur les rails.....	265
VIII. — Équation du mouvement pendant le contact des mentonnets avec les rails	268
IX. — Réactions des mentonnets sur les rails.....	272
X. — Influence des jeux des essieux	277
XI. — Machines munies d'essieux convergents ou de bogies..	282
XII. — Circulation en courbe.....	291
XIII. — Mouvement de lacet en courbe.....	299
XIV. — Action du tender et du train sur le mouvement de la locomotive	308
XV. — Circulation des locomotives munies d'attelages convergents dans les courbes.....	315
XVI. — Etude cinématique des attelages convergents.....	327

CHAPITRE III.

Application de l'étude du mouvement de lacet à une locomotive à voyageurs, à deux essieux accouplés et à deux essieux porteurs placés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

XVII. — Machine seule	335
XVIII. — Influence du tender sur le mouvement de lacet	349
XIX. — Comparaison entre quelques types de locomotives	358

SUR UN MODE PARTICULIER D'AVARIES

LE LONG

DES RIVURES DE CHAUDIÈRES

Par M. C. WALCKENAER, Ingénieur des Mines,
Secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Le long d'une rivure (*), la ligne théorique de moindre résistance passe par les trous de rivets. Cependant, à la suite de plusieurs accidents où des bouilleurs de chaudières se sont ouverts le long de leurs rivures longitudinales, on a constaté que la déchirure, dans sa partie initiale et caractéristique, avait affecté l'une des tôles non suivant cette ligne, mais suivant une ligne parallèle, entre les trous de rivets et la ligne d'appui du matage de l'autre tôle (fig. 1).

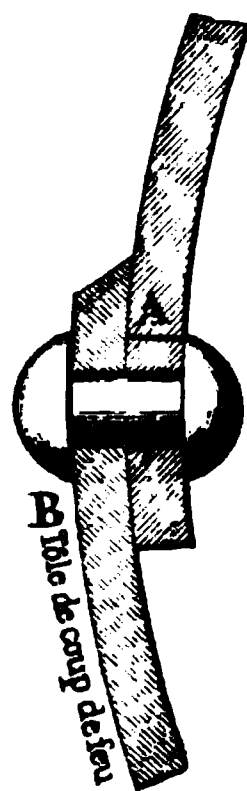


FIG. 1.

Rappel de l'explosion de Roubaix. — Une note sur un cas de ce genre a été publiée par M. Olry, en 1885 (**): il s'agissait d'une chaudière installée dans une filature de Roubaix. L'accident a con-

(*) On n'aura à considérer ici que des assemblages à recouvrement et à rivure simple.

(**) *Annales des Mines*, 8^e série, t. VIII, p. 476 et suiv.

sisté dans la déchirure de la tôle supérieure du bouilleur de droite, le long de la rivure longitudinale de gauche, sur 1^m,20 de longueur. Ce bouilleur avait 70 centimètres de diamètre ; il était construit en tôle de 10^{mm},5.



FIG. 2.

Sur les lèvres de la plaie, le métal présentait partout une teinte noire indiquant l'existence d'anciennes cassures. En faisant dériver l'assemblage avec soin dans la partie non affectée par l'arrachement, M. Olry a reconnu que cette tôle était fissurée sur presque toute la longueur de l'assemblage ; seulement la fissure ne régnait, dans la partie non arrachée, que sur une fraction de l'épaisseur du métal ; elle existait du côté extérieur de la tôle, qui était la tôle intérieure de l'assemblage, de sorte que l'amorce

de fissure se trouvait masquée par le recouvrement de la tôle de coup de feu (*fig. 2*).

Les essais de traction ont montré, dans le cas de cette chaudière de Roubaix, une tôle de bonne ductilité : 36 kg : mm² de résistance et plus de 13 p. 100 d'allongement dans le sens principal du laminage, 34 kg : mm²



FIG. 3.

et 11 p. 100 d'allongement dans le sens transversal ; seulement la chaudière, construite en 1876, l'avait été par un chaudronnier qui ne possédait pas de four à chauffer les tôles et qui avait fait le cintrage soit à froid, soit à la forge, ce qui avait dû favoriser la formation de criques ; puis, une fuite à cette rivure s'étant manifestée quelques

mois avant l'explosion, on avait cherché à y remédier par un matage sur les rivets et le long d'un chanfrein pratiqué à cet effet en *aa* (*fig. 3*) sur 70 centimètres de développement ; cette opération avait dû être renouvelée à plusieurs reprises. La rupture s'est produite sur l'étendue correspondant au chanfrein, et un peu au-delà des deux côtés.

Sommaire des explosions de Boulogne-sur-Seine et de Quincy. — Deux violentes explosions de chaudières à bouilleurs, provoquées par des avaries du même genre, l'une le 26 janvier 1894 dans un lavoir, à Boulogne (Seine), l'autre, le 7 décembre 1895, dans une fabrique de plâtre, à Quincy (Seine-et-Marne), ont présenté des caractères qu'il paraît instructif de comparer aux précédents et de rapprocher entre eux.

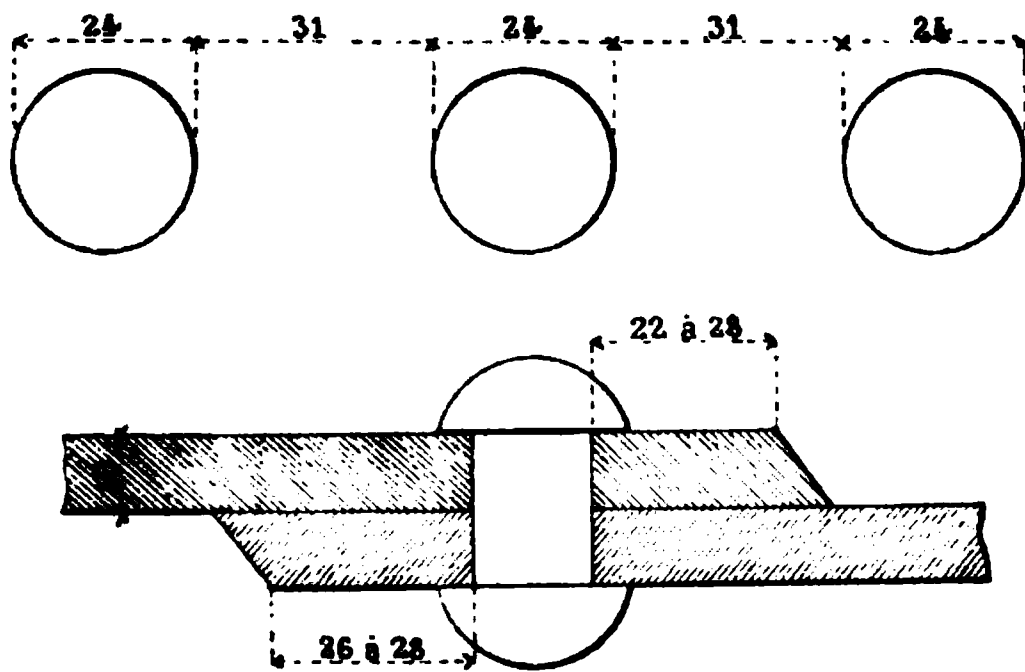


FIG. 4.

La chaudière du lavoir de Boulogne, offrant 16 mètres carrés de surface de chauffe, 5^m3,8 de capacité, timbrée à 6 kilogrammes, avait des bouilleurs de 60 centimètres de diamètre, en tôles de 10 millimètres, dont les rivures longitudinales étaient constituées comme l'indique la *fig. 4*. A la fabrique de plâtre de Quincy, la surface de chauffe était 25 mètres carrés ; la capacité, 5^m3,8, comme à Bou-

logne; le timbre, 7 kilogrammes; les bouilleurs, de 60 centimètres de diamètre également, en tôles de 8 ou 9 millimètres d'épaisseur, avaient leurs rivures longitudinales comme *fig. 5*.

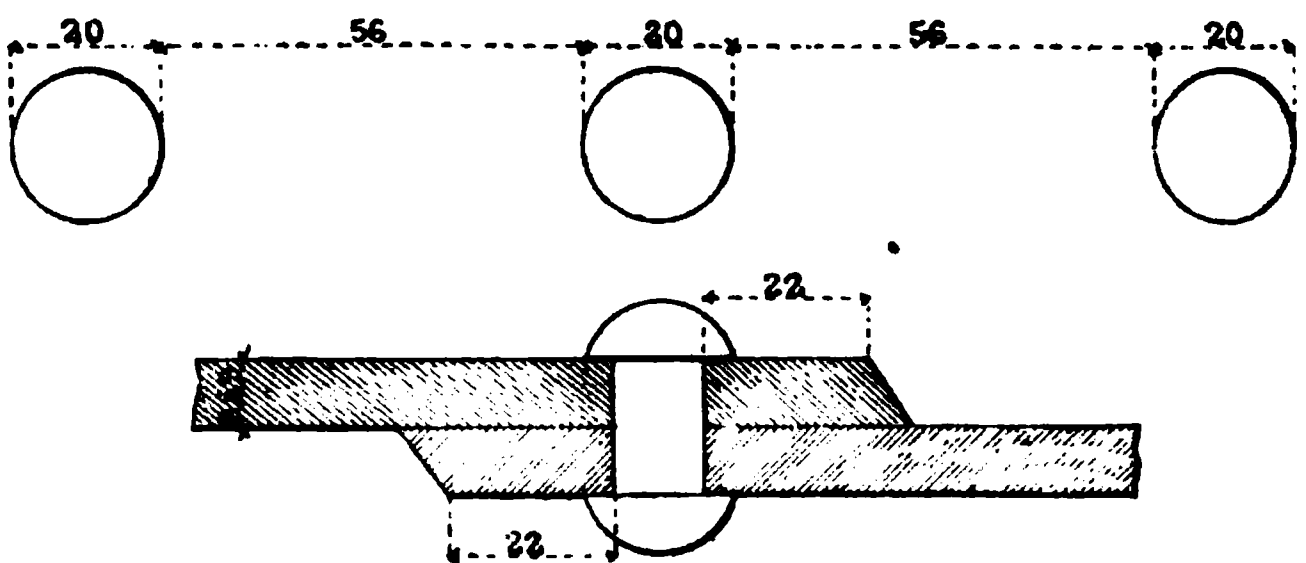


Fig. 5.

Dans l'un et l'autre cas, les générateurs avaient été construits en mauvaises tôles, provenant d'une même usine de la région du Nord, et très insuffisantes notamment sous le rapport de la ductilité. C'est là, pour commencer, une différence avec le cas de Roubaix, et remarquons tout de suite que cette différence explique l'inégalité des effets des déchirures initiales. Tandis qu'à Roubaix, l'assemblage fissuré a pu céder sur 1^m,20 de longueur, sans autre conséquence que l'ouverture d'une vaste boutonnière au flanc du bouilleur, la rupture initiale de la chaudière de Boulogne, qui était d'emplacement analogue et de même étendue, s'est prolongée en des déchirures consécutives, à la faveur desquelles la virole antérieure du bouilleur s'est déroulée complètement (*fig. 6*), en se trouvant par le choc, ainsi que le montrent les *fig. 6* et 9, contre un chandelier qui la soutenait; la tête en fonte a été projetée; la chaudière a bondi en l'air; le bâtiment qui contenait l'installation s'est effondré, ensevelissant sous ses décombres ceux qui s'y trouvaient. Trois personnes ont été tuées, quatre ont subi de graves

blessures. La *fig. 7* donne une idée partielle de l'état des lieux après le déblaiement.

A Quincy, les effets dynamiques ont peut-être été plus violents encore : le bouilleur de droite, siège de l'avarie

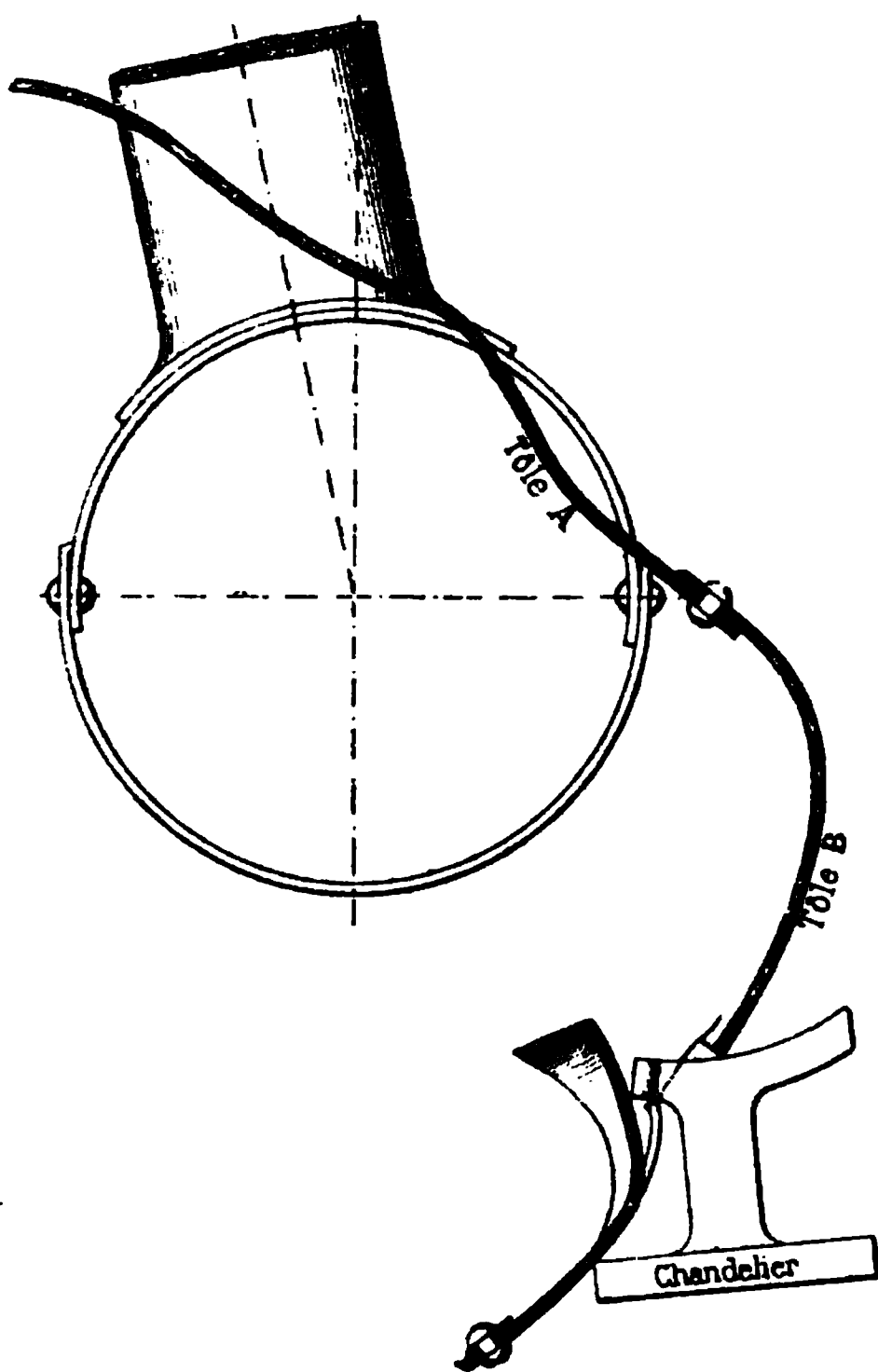


FIG. 6.

initiale, se déchira en plusieurs lambeaux qui furent diversement projetés ; le corps de chaudière, déroulé entièrement sur la longueur de sa virole d'arrière, privé du fond correspondant et séparé de ses bouilleurs, fut lancé à 88 mètres de distance ; divers fragments et les appareils de sûreté furent dispersés au loin ; le bâtiment qui conte-

nait le générateur fut démoli (*fig.* 8). Comme accidents de

FIG. 7.

FIG. 8.

personnes, il n'y eut que trois blessés, dont un seul grièvement, parce que l'usine, isolée, était à peu près déserte.

Causes de ces explosions. — Ni à Boulogne, ni à Quincy, pas plus d'ailleurs que précédemment à Roubaix, l'enquête n'a découvert de cause d'explosion ailleurs que dans l'état du générateur. Au lavoir de Boulogne, il est vrai, les machines étaient restées stoppées depuis une heure environ, et la chaudière n'avait à fournir qu'un filet de vapeur sur une bûche à eau chaude; mais rien n'autorise à croire que la pression ait dépassé le timbre. Quant à l'usine de Quincy, la chaudière y était, semble-t-il, dans des conditions normales de fonctionnement modéré, à 1 kilogramme au-dessous du timbre, lorsqu'est survenu l'accident.

Mais la cause de chacune de ces explosions apparaissait à l'examen des cassures. La déchirure longitudinale suivant laquelle s'était ouverte la chaudière de Boulogne, le long de la rivure de gauche de la virole antérieure du bouilleur de droite, montrait les particularités représentées par la *fig. 9*. Sur la moitié environ de son étendue, de la coupe n° 7 à la coupe n° 13, la déchirure était en dehors de la ligne normale de moindre résistance et affectait la tôle A de la demi-virole supérieure, ou tôle intérieure de l'assemblage, de la même manière qu'à Roubaix. L'examen des lèvres de cette déchirure anormale, avant et après lavage à l'acide, montra des vestiges d'altérations préexistantes, placées surtout, de même qu'à Roubaix, le long de la face extérieure de la tôle, et intéressant, suivant les endroits, une fraction plus ou moins grande de son épaisseur. On a essayé de marquer sur la *fig. 9* la valeur approximative de ces vestiges (*) au moyen de fractions inscrites le long du dessin de la cassure et indi-

*, Les relevés relatifs à la chaudière de Boulogne ont été faits, avec beaucoup de soin, par M. le contrôleur des Mines Mahl.

quant la portion de l'épaisseur affectée par l'altération en divers points.

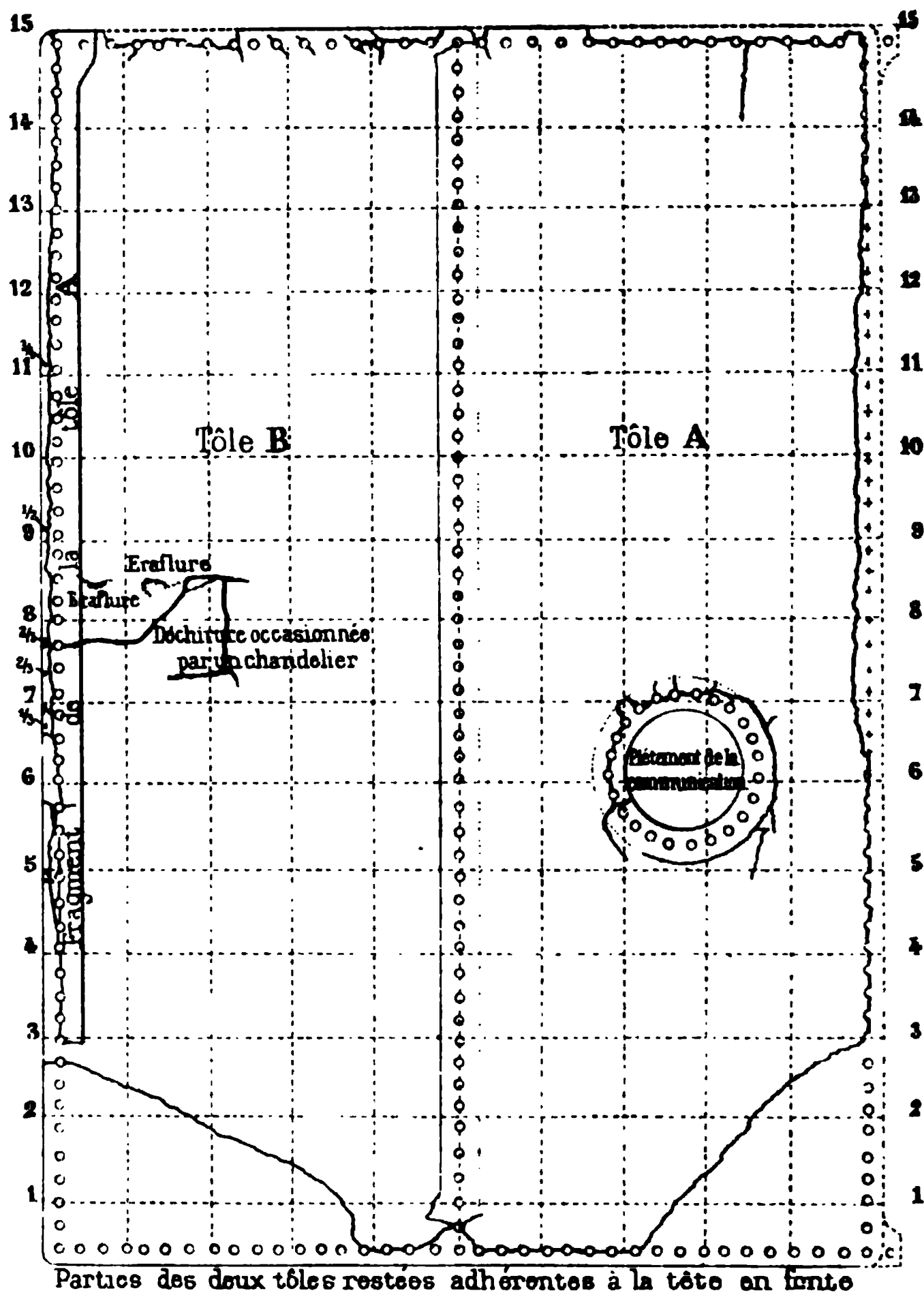


FIG. 9.

A Quincy, l'avarie du même genre qui a amorcé l'explosion se trouvait également à la tôle supérieure de

la virole d'avant du bouilleur de droite; elle était seulement à la rivure de droite au lieu de celle de gauche. La *fig. 10* en rend compte (*). Elle avait, elle aussi,

1^m,20 de longueur. M. Janet y a constaté des indices de cassure préexistante.

Dans ce cas de Quincy, l'origine des fissures a pu tenir, comme à Roubaix, aux conditions du cintrage, opéré sur des tôles chauffées par des procédés imparfaits, dans un atelier ne possédant pas de four pour cet usage. Pour Boulogne, le cintrage avait été, semble-t-il, opéré par

(*) Les données relatives à l'explosion de Quincy sont empruntées au rapport de M. l'ingénieur des Mines Janet.

des procédés convenables; mais la tôle était de mauvaise qualité, et les efforts qu'elle a subis, notamment la réaction des matages opérés sur la tôle adjacente, suffisent à expliquer la formation des criques. Précisons chacun de ces points.

Mauvaise qualité des tôles. — Des échantillons prélevés sur le bouilleur rompu de la chaudière de Boulogne ont donné (*) :

	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En long.....	35,8	6,50
En travers.....	26,0	1,99

Ces éprouvettes étaient prises, il est vrai, à proximité des cassures; l'éprouvette en travers n'avait pas été redressée préalablement à l'essai. Des échantillons ayant été prélevés à l'écart des cassures, et l'éprouvette en travers ayant été redressée au marteau, à chaud, après chauffage au rouge sombre, on obtint :

	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En long.....	35,3	9,85
En travers.....	36,2	2,33

(*) Toutes les constatations relatives aux propriétés mécaniques des tôles de la chaudière de Boulogne ont été faites, en ma présence, à l'atelier des essais de la C^e des Chemins de fer P.-L.-M., grâce à la précieuse obligeance de M. Baudry, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction, de M. Vanderheym, Ingénieur, de M. Ledoux et du personnel de l'atelier des essais.

En opérant comparativement sur de nouvelles éprouvettes prises côte à côte, mais les unes recuites au rouge vif et refroidies lentement, les autres n'ayant pas subi ce traitement, l'on trouva :

	TÔLE NON RECUEITE		TÔLE RECUEITE	
	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En long.....	36,2	11,30	34,3	16,85
En travers.....	30,8	1,17	23,8	2,66

Enfin, des échantillons prélevés, non sur la tôle du bouilleur rompu, mais sur la tôle symétrique du bouilleur de gauche, qui n'avait pas subi, comme l'autre, les effets mécaniques résultant du déroulement de la virole, ont donné :

	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En large.....	34,8 ; moyenne 36,2) 35,5	11,33 ; moyenne 14,66) 13,00
En travers.....	30,2 ; moyenne 29,9) 30,1	1,66 ; moyenne 1,13) 1,40

On voit combien l'allongement en travers reste mauvais, quelles que soient la place de l'échantillon et la préparation de l'éprouvette ; un long recuit au rouge vif, suivi d'un refroidissement très lent, n'est parvenu à en élever la valeur qu'à 2,66 p. 100.

Aux essais de ployage, cette tôle a donné de détec-

tables résultats. Pour chacun de ces essais, une barrette de 25 centimètres de longueur, 5 centimètres de largeur, et naturellement 1 centimètre d'épaisseur (épaisseur de la tôle), était posée sur deux appuis distants de 115 millimètres; puis, un dégorgeoir étant posé au milieu, l'on frappait le dégorgeoir au marteau. Les coups étaient répétés jusqu'à ce que la tôle présentât une crique occupant toute la largeur de l'éprouvette; toutefois, pour l'éprouvette taillée en long dont le métal avait été recuit, le ployage, qui n'a pas abouti à criquer la tôle, a été achevé en frappant directement une des extrémités de la barrette, appuyée par l'autre extrémité sur l'enclume. La *fig. 11* permet de juger des résultats obtenus : elle représente, en vraie grandeur, la courbure prise par chaque éprouvette lorsqu'elle s'est ou rompue, ou trouvée criquée de la manière qui est inscrite sur la courbe correspondante. Chaque courbe a été obtenue en faisant glisser un crayon le long de l'éprouvette déformée. On remarquera combien ce mode d'essai a bien mis en relief les différences résultant du sens et du mode de préparation des éprouvettes, et combien les éprouvettes découpées en travers et non recuites se sont montrées incapables de flexions notables.

Les divers résultats qui précèdent sont, d'ailleurs, en harmonie avec la composition chimique de la tôle, où le Laboratoire de l'École supérieure des Mines a dosé, p. 100:

Phosphore.....	0,3126
Silicium.....	0,0740
Manganèse.....	0,0730
Soufre.....	0,0480

C'était, en résumé, une tôle phosphoreuse, à propriétés mécaniques très inégales dans les deux sens, et manquant presque totalement, dans le sens transversal, de ductilité et de flexibilité. Elle avait, d'ailleurs, été achetée à bas prix par le constructeur.

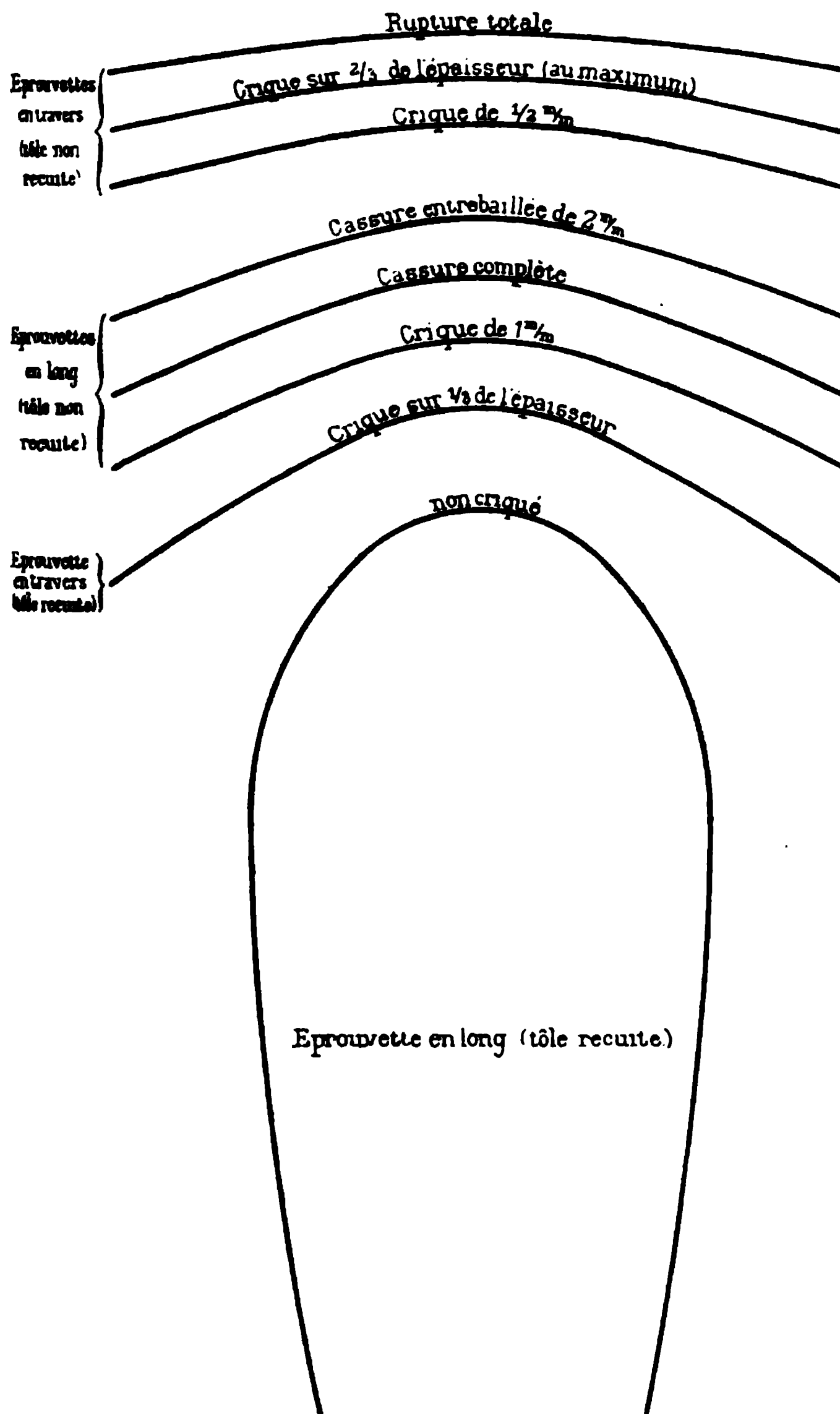


FIG. 11.

La tôle de Quincy était, à ce qu'on dit, d'un numéro de fabrication supérieur d'une unité à la précédente; mais ses qualités réelles ne répondaient guère à sa désignation commerciale, insuffisante elle-même, d'ailleurs, pour l'emploi. Des éprouvettes découpées aux points 1, 2, 3, 4 (*fig. 10*) ont accusé aux essais de traction (*) :

	NUMÉRO de l'Éprouvette	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En long.	1	31,3	0,39
	2	34,5	
En travers. . .	3	38,7	2,40
	4	40,2	

Il est vrai que les éprouvettes en long, celle n° 1 surtout, avaient été prélevées tout près de la cassure, et que toutes quatre l'avaient été dans une tôle dont la courbure, primitivement circulaire, était devenue, par l'effet de l'explosion, celle que représente le rabattement en traits ponctués MNP (*fig. 10*). Mais d'autres éprouvettes, découpées à l'écart des cassures dans la tôle supérieure de la virole d'arrière, non déroulée par l'explosion, ont donné :

	RÉSISTANCE kg : mm ²	ALLONGEMENT p. 100
En long.	37,6	7,10
	33,0	
En travers.	37,9	2,80
	37,1	

(*) Effectués, à la prière de M. l'Ingénieur des Mines Janet, par les soins obligeants de la C^{ie} des Chemins de fer de l'Ouest.

On remarque, non seulement les faibles valeurs, mais l'irrégularité des allongements. « Avant même toute mesure d'allongement (*), l'aigreur de la tôle se manifestait par le mode de rupture des éprouvettes, qui cédaient brusquement sous l'effort, sans contraction de la section de rupture. Les essais de pliage ont également donné de mauvais résultats. »

Efforts subis; matage; formation de criques. — On a vu combien différentes étaient les propriétés mécaniques de la tôle de la chaudière de Boulogne, suivant le sens. Or, par suite d'un usage tenant à des commodités de construction, ainsi qu'au désir d'écarter le plus possible du feu les clouures circulaires, c'est *dans le mauvais sens* que cette tôle avait été employée à la construction du bouilleur, c'est-à-dire que les fibres, si l'on peut employer ce mot, étaient parallèles aux génératrices du cylindre. Dans ces conditions, le cintrage put déjà fatiguer la tôle. Puis, il est à peu près certain, tant d'après les constatations faites sur la clouure de droite, symétrique de celle qui nous occupe, que d'après les renseignements recueillis sur les procédés ordinaires du constructeur, que le brochage fut employé pour ajuster la rivure. Enfin, l'assemblage, une fois rivé, fut chanfreiné et maté, exclusivement à l'extérieur, d'une manière vicieuse et capable d'amener la fissuration de la tôle intérieure.

En effet, ce matage, qui avait pour but d'assurer l'étanchéité par un contact exact de la tôle extérieure contre la tôle intérieure, ne fut pas effectué en refoulant le métal de la tôle extérieure sur lui-même, mais en recourbant le bord extrême de cette tôle en un bec saillant, qui pressait l'autre feuille métallique d'une manière locale et intense, tandis que, en arrière de ce bec, il se produisait

(*) Extrait du rapport de M. Janet.

un bâillement entre les deux tôles. La *fig. 12* indique la disposition prise ainsi par l'assemblage; ce croquis est double, parce qu'on a voulu représenter les deux rivures droite et gauche du bouilleur, auxquelles on a supposé une même constitution (*). On remarquera que la facette



FIG. 12.

ab est oblique, par rapport à la surface de la tôle A. de sorte que l'application du matoir le long de cette facette avait eu pour conséquence de *repousser* fortement la tôle A et de la forcer à reculer, pour ainsi dire, de toute la quantité correspondant à l'emplacement du *bec* et du *bâillement*. Repoussée ainsi le long de la

(*) On voit sur chacune des deux moitiés de ce croquis un tracé pointillé, dont la signification est la suivante. D'après l'ensemble des constatations faites sur la chaudière avariée, il y a lieu de présumer que le bouilleur n'était pas rigoureusement circulaire, mais que son diamètre vertical était plus grand que son diamètre horizontal. Sur un dessin d'ensemble ou toute la section du bouilleur serait représentée, les traits pointillés correspondraient à une forme régulièrement circulaire de la pièce; et le dessin montre, à une échelle approximative, de combien devait se trouver réduit, par rapport à cette forme circulaire, le diamètre horizontal.

ligne *a*, maintenue, d'autre part, par la rivure comme par un encastrement, la tôle A ne pouvait que tendre à se fissurer comme le montre le croquis de la rivure de droite.

On s'explique donc aisément que des criques se soient amorcées là dès la construction. Elles se sont ensuite aggravées peu à peu, par l'effet des flexions auxquelles est sujet le voisinage des rivures, et par celui des contractions et des dilatations inégales. Il est à remarquer que, de toutes les parties d'une chaudière à bouilleurs, c'est l'avant des bouilleurs qui voit le plus directement le feu, qui subit les températures les plus élevées ; il est spécialement exposé aux alternatives tantôt de chauffage intense, tantôt de refroidissement par les bouffées d'air qui s'engouffrent dans le foyer lors des chargements ; actions capables de fatiguer d'autant plus les rivures longitudinales que la demi-virole inférieure est plus énergiquement chauffée et se dilate plus que l'autre, comme l'indiquent ces mouvements bien connus des têtes de bouilleurs, qui s'abaissent quand le générateur est mis en chômage et se relèvent à la mise en feu.

Il est donc naturel que des amorces de criques, dues tout d'abord à des causes qui ne sont pas exclusivement spéciales aux viroles antérieures des bouilleurs, se développent particulièrement le long des rivures de ces viroles ; d'où l'uniformité d'emplacement des avaries que nous étudions.

A Boulogne, ce développement des criques a été lent, et la chaudière a sauté huit ans après sa mise en service, sans qu'aucune circonstance spéciale paraisse avoir hâté le dénouement, ni qu'aucune fente préalable ait donné l'alarme.

Il en a été autrement à Quincy. La chaudière n'avait guère que trois ans d'âge. Dès septembre 1894, deux ans après sa mise en service, une première cassure s'était révélée, non au bouilleur qui devait plus tard causer l'acci-

dent, mais à celui de gauche, le long de sa rivure de droite, et comme toujours à la virole d'avant. On avait réparé cette avarie par la pose d'une pièce rivée, en forme de bande longitudinale de 1^m,20 de longueur et 0^m,17 de largeur. Puis, en septembre 1895, à la rivure de droite du bouilleur de droite, là où bientôt la déchirure en grand devait se produire, une fuite se manifesta. Un ouvrier, envoyé par le constructeur, examina la partie fuyante, crut à un simple desserrage des tôles, et effectua un matage, toujours sur une longueur de 1^m,20, le 2 octobre 1895. C'était deux mois avant l'explosion.

Ce matage, loin d'être un remède, contribua sans doute à augmenter l'avarie. La fuite, au lieu de cesser, s'aggrava ; une correspondance fut échangée entre l'usinier et le constructeur à qui ne payerait pas la réparation à faire ; finalement, le chauffeur ayant représenté à son patron que des mesures sérieuses s'imposaient, il fut décidé, le 7 décembre au matin, qu'on arrêterait la chaudière le soir ; mais elle fit explosion dans la matinée.

M. Janet, dans l'enquête qui a suivi l'accident, a constaté que le bord de la tôle extérieure avait été à tel point recourbé par le matage qu'il présentait un bec de près de 3 millimètres de saillie.

Autres cas d'avaries analogues. — Un autre exemple de fissure en dehors des rivets, le long d'une clouure longitudinale, est fourni par une explosion survenue, le 2 mars 1894, dans une usine du Pouzin. La chaudière était du type à flammes renversées ; c'est le corps inférieur, de 1^m,20 de diamètre, construit en tôle de 8 millimètres d'épaisseur primitive (timbre : 2^k,5), qui s'est fragmenté suivant diverses lignes. D'après l'allure générale du déroulement qu'il a subi, on est conduit à placer la déchirure initiale le long de la clouure longitudinale de gauche d'une des viroles de la partie postérieure. Là se trouvait une

cassure dont la *fig. 13* indique l'emplacement, analogue à celui des avaries précédemment étudiées. Il y avait eu à l'évidence une fissure ancienne, longue de 38 à 40 centimètres ; une mince couche de tartre dur et translucide tapissait en cet endroit la tranche du métal sur toute son épaisseur.

Ce qui différencie notablement ce cas d'avec ceux précédemment étudiés, c'est que l'avarie ancienne est restée de peu d'étendue, et qu'il n'y a eu d'accident qu'au bout d'un temps très long, par le concours de causes multiples et importantes de fatigue. La chaudière, quand elle a sauté, n'avait pas moins de trente ans d'âge. Le corps inférieur avait dû souffrir d'être mal soutenu par les chandeliers placés au-dessous de lui ; il était ovalisé de 85 millimètres ; de plus, il était corrodé en plusieurs points ; ses nettoyages avaient laissé à désirer. Les tôles de ce vieil appareil étaient aigres, autant qu'on en peut juger par les essais de traction qui ont été faits sur ses débris déformés.

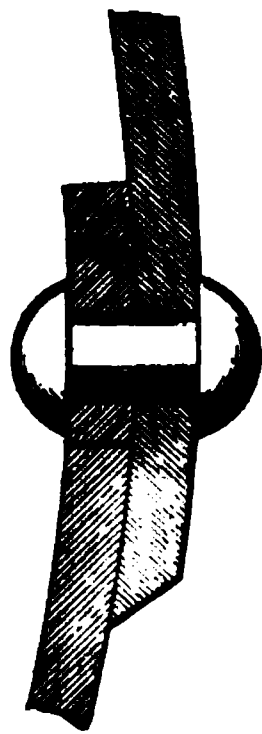


FIG. 13.

Dans une explosion survenue, en 1894, à Bayonne, on trouve encore une déchirure produite dans le recouvrement d'une rivure longitudinale de bouilleur, en dehors des trous de rivets, mais, cette fois, dans la tôle extérieure de l'assemblage ; de sorte que la question se présente dans des conditions différentes ; les effets de surchauffe ont pu jouer le rôle essentiel, d'autant plus que l'eau d'alimentation donnait lieu à des dépôts très abondants.

Mais un cas particulièrement utile à citer en terminant ces comparaisons est celui d'une batterie de chaudières qui avait été installée vers 1888, dans une usine de Pantin. Ces chaudières avaient été faites en tôles

386 AVARIES LE LONG DES RIVURES DE CHAUDIÈRES

peu ductiles, supportant mal les efforts de flexion. A peine étaient-elles en service qu'elles donnèrent lieu à une succession d'incidents, par suite de fuites aux rivures longitudinales de leurs bouilleurs, qui durent, à la fin, être entièrement refaits. Le croquis *fig. 14* représente une coupe prise en travers d'une de ces rivures avariées (*). Les matages successifs, opérés pour étancher les fuites le long du chanfrein, avaient produit entre les tôles, dans le recouvrement, un baillement de 2 millimètres, et déterminé une cassure dont l'emplacement ne diffère pas beaucoup de celui des avaries étudiées plus haut, et qui paraît s'expliquer si exactement par les mêmes causes qu'on y verra, sans doute, une confirmation intéressante de l'explication donnée des accidents de Boulogne et de Quincy.

FIG. 14

(*) Croquis communiqué par M. Compère, ingénieur directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

BULLETIN

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DES ÉTATS-UNIS
EN 1894 (*) ET EN 1895.

	1894		1895	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur
1^{re} Métaux.				
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Fonte.....	6.764.572	372.785.765	9.597.449	562.716.568
Cuivre.....	160.392	173.739.733	175.294	191.375.038
Plomb.....	145.906	54.830.549	142.298	52.487.738
Zinc.....	67.135	26.987.189	74.245	30.784.170
Mercure.....	1.056	5.676.454	1.179	6.804.391
Aluminium.....	371	2.541.100	408	2.564.100
Antimoine.....	205	203.056	393	356.628
Argent (en kilogrammes)...	1.550.387 ^{kg}	162.670.291	1.441.087 ^{kg}	156.717.253
Or (idem) ..	59.824	205.963.042	70.470	242.580.436
Platine (idem) ..	3	6.216	4,5	11.655
Total.....		1.005.403.392		1.246.397.977
2^{re} Matières minérales.				
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Charbon. { Anthracite....	47.183.345	418.955.313	52.965.538	465.934.261
{ Houille bitu- neuse.....	106.813.171	537.471.449	126.627.141	649.283.205
Coke.....	7.706.846	65.550.610	9.006.090	79.044.283
Asphalte.....	4.080	391.888	12.970	1.554.000
Roches bitumineuses.....	31.018	767.262	39.707	743.102
Pétrole brut.....	6.158.119	211.152.143	6.420.742	220.397.091
Gaz naturel.....	"	67.340.000	"	62.160.000
Graphite.....	499	186.174	1.176	115.721
Minerai de fer.....	12.070.080	107.692.200	17.221.200	153.651.750
Pyrites.....	109.192	2.416.294	82.296	1.829.369
Fer chromé.....	2.697	181.948	1.473	86.998
Minerai de manganèse....	11.924	387.930	15.121	476.788
Minerai d'antimoine.....	150	47.008	982	196.348
Oxyde de cobalt.....	3	45.807	3	44.755
Bauxite.....	10.908	222.367	14.371	293.084
Monazite.....	340	233.100	862	590.520
Pierre à bâtir.....	"	155.400.000	"	170.940.000
Marne.....	228.622	3.146.850	221.183	3.044.752
Castine.....	3.601.458	11.015.975	3.444.240	13.170.196
Marbre.....	518.532	18.528.099	568.593	21.166.832
A reporter.....		1.601.132.417		1.844.716.392

(*) Les chiffres de 1894, bien que déjà publiés l'an dernier (*Ann. des Mines*, 2^e vol. de 1895, p. 232-233), sont donnés de nouveau ici à raison des rectifications apportées à un certain nombre d'entre eux.

	1894		1895	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
<i>Report</i>		1.601.132.417		1.844.716.392
Chaux	5.148.320	146.982.500	5.443.164	155.400.000
Ciment.....	1.175.174	29.346.637	1.182.885	31.221.797
Pierre meulière.....	27.200	1.334.347	33.004	1.504.158
Pierres à meules.....	"	23.035	"	44.160
Pierres à aiguiser.....	1.574	437.451	1.459	405.610
Silice, sable et quartz.....	485.313	2.168.410	532.018	2.865.203
Tripoli.....	1.508	118.233	1.622	134.934
Argile réfractaire.....	3.061.794	20.983.584	3.401.250	23.310.000
Kaolin.....	22.246	959.175	28.035	1.328.672
Ardoise.....	193.440	12.468.669	201.447	12.594.139
Phosphate de chaux.....	967.485	14.796.489	844.802	13.352.191
Gypse.....	273.493	4.718.105	270.804	5.046.454
Borax.....	5.962	4.764.776	6.126	3.847.963
Soude naturelle.....	1.300	103.600	1.724	246.050
Soude fabriquée	120.000	14.296.800	167.000	19.896.380
Barytine	21.548	492.266	18.371	512.924
Magnésite	1.243	40.736	1.995	76.146
Amiante.....	240	22.533	916	59.052
Talc fibreux.....	45.804	2.615.900	60.316	3.444.700
Stéatite.....	19.087	2.081.801	17.129	1.871.809
Mica.....	381	243.771	343	198.684
Feldspath	19.003	432.349	22.550	539.145
Spath-fluor	5.805	302.015	3.628	188.759
Onyx	110	150.220	66	55.685
Corindon et émeri.....	1.106	567.210	349	292.152
Grenat.....	907	181.300	1.873	483.553
Pierres précieuses.....	"	777.000	"	1.295.000
Laine minérale (*).....	5.239	305.288	6.115	359.912
Couleurs minérales (vermillon, blanc de céruse, blanc de zinc, etc.)....	142.102	58.424.391	149.847	61.410.050
Alun	65.304	11.188.800	68.025	11.525.500
Couperose.....	13.511	539.238	12.805	361.802
Sulfate de cuivre.....	27.215	10.442.880	20.412	6.993.000
Sel (gomme et raffiné)....	1.795.569	32.998.615	1.712.840	32.960.796
Soufre.....	488	36.550	1.676	657.601
Brome	172	511.033	179	531.789
Total		1.976.988.124		2.239.745.825

(*) Produite par les hauts-fourneaux.

<i>Résumé des valeurs.</i>	1894	1895
	Valeur en francs	Valeur en francs
1° Métaux.....	1.005.403.392	1.246.397.977
2° Matières minérales indiquées.....	1.976.988.124	2.239.745.825
3° Substances diverses non dénommées (estimation).....	28.490.000	25.900.000
Total général	3.010.881.516	3.512.043.802

(Extrait de The Mineral Industry, Vol. IV.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DU CANADA EN 1895.

	PRODUCTION	VALEUR
1^{re} Métaux.	tonnes métr.	francs
Cuivre	3.987	4.917.006
Plomb	10.467	3.884.824
Nickel	1.764	7.049.897
Mercur.	"	12.137
Or (en kilogrammes).....	2.875 ^{kg}	9.898.571
Argent (en kilogrammes).....	55.224 ^{kg}	6.001.719
Valeur totale des métaux.....		31.764.154
2^{re} Matières minérales.		
Charbon	3.568.704	40.270.242
Coke.....	54.210	740.983
Pétrole.....	103.371	6.222.133
Gaz naturel	"	2.191.306
Graphite.....	224	31.857
Minerai de fer.....	104.442	1.233.203
Pyrites	34.745	531.437
Fer chromé	3.228	213.939
Minerai de manganèse.....	127	43.843
Ocres.....	1.360	75.628
Gypse.....	300.917	1.049.509
Phosphate de chaux (apatite).....	1.851	49.547
Castine	35.132	170.505
Pierres à bâtir	"	6.216.000
Granite	19.495	467.231
Sables et graviers	281.597	613.100
Chaux	"	4.662.000
Ciment.....	"	938.419
Ardoises	"	35.571
Pierre meulière	3.982	163.336
Argile réfractaire	1.350	18.089
Amiante.....	8.896	1.907.146
Stéatite.....	483	11.075
Mica.....	"	336.700
Pierres précieuses.....	"	8.547
Sel.....	60.978	934.560
Eaux minérales (litres).....	3.213.962 ^{lit}	575.229
Total		69.711.135
Matières minérales non dénommées, principalement matériaux de construction, briques, tuiles, poteries, etc.....		15.074.711
Valeur totale.....		116.550.000

(Extrait de l'Engineering and Mining Journal.)

	1891	1892	1893	1891	1892	1893	1891	1892
1° Minerais.								
Argent.....	1,277	1,121	890	807,1	686,0	606,9	433	38
Or.....	?	?	?	33,6	51,1	30,8	68	2
Cuivre.....	20,939	18,888	21,907	996,8	726,6	908,5	1,008	98
Pyrites de fer et de cuivre	49,048	58,570	53,754	1,129,1	1,080,8	985,6	342	27
Nickel.....	12,839	6,959	2,397	175,7	101,5	33,6	152	5
Cobalt.....	187	123	123	70,0	46,2	63,0	135	13
Fer.....	1,464	860	800	14,0	7,7	7,7	61	4
Zinc.....	498	576	•	24,5	28,0	•	71	3
Titane oxydè (ruble)...	•	•	7	•	•	8,4	•	•
Totaux.....	86,252	87,097	79,878	3,250,8	2,727,9	2,644,5	2,265	1,200
2° Métaux.								
Argent fin.	4,7	4,8	4,8	784,0	677,6	611,1	22	12
Cuivre.....	676,6	630,7	786,2	942,2	743,4	875,0	278	12
Nickel.	135,5	96,6	113,1	522,2	284,2	366,1	60	6
Cobalt.....	7,0	4,5	5,0	98,0	70,0	84,0	10	1
Fonte.....	421,4	610,1	335,9	28,3	36,4	18,2	19	•
Fer et acier (*).....	(593,3)	(487,6)	(439,5)	(192,6)	(130,6)	(123,2)	54	•
Totaux.....	1,245,2	1,346,7	1,265,0	2,374,7	1,811,6	1,954,4	435	22

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 2 juillet 1896, acceptant la renonciation à la concession des mines de plomb de SAINT-MARTIN-LA-SAUVETÉ (Loire).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Est acceptée la renonciation de M^{me} Louisa Sharpe, veuve Badel, M. Stanislas-Dominique-Jean-Baptiste Badel et M. Alexandre-Bernard Badel, à la concession des mines de plomb de Saint-Martin-la-Sauveté, département de la Loire.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution, etc.

Décret du Président de la République, du 9 juillet 1896, portant institution de la concession des mines de plomb, argent, zinc et cuivre de Vézis (Aveyron).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession au s^r Georges-Théodore-Alexandre Seibel, pour le compte de la Société en participation de recherches de Maleville, des mines de plomb, argent, zinc et cuivre, comprises dans les limites ci-après définies, communes de La Bastide-l'Évêque, Brandonnet, Compolibat et Lacapelle-Bleys, arrondissement de Villefranche, département de l'Aveyron.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Vézis*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

1^o Au *nord*, par une ligne droite A'B, menée du point A', angle nord-ouest de la maison Lagarrigue, François, du hameau de

Pargazan, inscrite sous le n° 110, section I du plan cadastral de la commune de Brandonnet, au point B, sommet du clocher de Compolibat ;

2° A l'est, par trois lignes droites, BC, CD, DE ; la première BC, menée du point B ci-dessus défini au point C, confluent du ruisseau de Négrefoil avec l'Aveyron ; la seconde CD, menée du dit point C au point D, point le plus oriental du hameau de Trairac (la ligne CD formant la limite ouest de la concession de Négrefoil, instituée par ordonnance du 1^{er} septembre 1827) (*) ; la troisième DE, menée dudit point D au point E, intersection de l'axe du chemin de grande communication n° 6 avec l'axe de la route nationale n° 111 ;

3° Au sud, par une ligne droite EG, menée du point E ci-dessus défini au point G, angle sud-ouest de la maison le plus à l'ouest du hameau de Capredonde ;

4° Au sud-ouest, par deux lignes droites GH, HI ; la première GH, menée du point G, ci-dessus défini, au point H, angle nord-est du château de Réquista (la ligne GH formant limite est de la concession de Villefranche, instituée par ordonnance du 8 mars 1841 (**)) et modifiée par décret du 6 août 1865 (***) ; la seconde HI, menée dudit point H au point I, angle sud de la maison Viven Marie, femme Tobie François, du hameau de Faleyrenc, inscrite sous le n° 393, section A, du plan cadastral de la commune de La Bastide-l'Évêque ;

5° Au nord-ouest, par la ligne droite IA', menée du point I ci-dessus défini au point A' de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de vingt-trois kilomètres carrés, quarante-quatre hectares, huit ares (23^{km²}, 44^{ha}, 08^a).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger au plomb, à l'argent, au zinc et au cuivre, qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Vézis.

La concession de ces gîtes de minéral pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines de Vézis, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880 sur le produit des mines concédées, sont

(*) *Annales des Mines*, 2^e volume de 1828, p. 165.

(**) *Annales des Mines*, 1^{er} volume de 1841, p. 768.

(***) Volume de 1865, p. 403.

réglés à une redevance annuelle de cinq centimes (0 fr. 05) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si le concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville, voir supra, p. 118*).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE VÉZIS

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (*Voir supra, p. 121*).

Art. 1^{er}. — *Délai d'abornement* : Trois mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau* : 10 mètres.

Art. 10. — *Zone de protection des chemins de fer* : 10 mètres.

Décret du Président de la République, du 10 juillet 1896, autorisant le s^r SOUBIGOU, entrepreneur, à établir un dépôt de dynamite de 1^{re} catégorie sur le territoire de la commune d'ISPOURRE (Basses-Pyrénées) (contenance maximum : 500 kilogrammes).

Arrêté ministériel du 15 juillet 1896, portant modification de l'arrêté du 2 février 1893, en ce qui concerne les brevets de service des mécaniciens de la marine marchande.

Le ministre des travaux publics,

Vu l'article 16 de l'arrêté du 2 février 1893 (*), ainsi conçu :

« **Art. 16.** — Sur l'avis de la commission d'examen instituée par l'article 7, les mécaniciens actuellement porteurs du certificat de

(*) Volume de 1893, p. 36.

capacité prévu par l'article 40 de l'ordonnance du 17 janvier 1846, et délivré conformément à la circulaire ministérielle du 6 juin suivant (*), recevront, sans examen nouveau, en échange de ce certificat, un brevet de la classe correspondant à la nature de leurs services antérieurs, sur lequel sera portée la mention de « *brevet de service* ».

« A cet effet, ils adresseront au ministre des travaux publics une demande accompagnée : 1° d'une copie de leur certificat de capacité, délivrée et signée par le président de la commission de surveillance des bateaux à vapeur du port d'armement ; 2° d'un extrait de la matricule de la marine donnant le détail des services à la mer du demandeur, ledit extrait certifié par le commissaire de l'inscription maritime ; 3° des certificats délivrés par les présidents compétents des commissions de surveillance de bateaux à vapeur indiquant la puissance en chevaux de la machine de chacun des navires sur lesquels le demandeur a servi comme mécanicien.

« Cette demande sera faite dans un délai de six mois à partir de la publication du présent arrêté au *Journal officiel*, si le demandeur est à terre et en France lors de cette publication, et de six mois à dater de son retour en France, s'il justifie qu'il était alors en mer ou à l'étranger.

« Il sera délivré récépissé de la demande.

« Après l'expiration des délais indiqués au troisième paragraphe du présent article, et en attendant la délivrance du brevet de service, l'ancien certificat de capacité continuera à être valable s'il est accompagné du récépissé » ;

Vu la lettre du ministre de la marine en date du 5 juin 1896 ;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur des routes, de la navigation et des mines,

Arrête :

Art. 1^{er}. — L'article 16, susénoncé, de l'arrêté du 2 février 1893, est modifié ainsi qu'il suit :

« Les mécaniciens actuellement porteurs du certificat de capacité prévu par l'article 40 de l'ordonnance du 17 janvier 1846, et délivré conformément à la circulaire ministérielle du 6 juin suivant, recevront, sans examen nouveau, en échange de ce certificat, un brevet sur lequel sera portée la mention de « *brevet de service* » et qui maintiendra le titulaire dans les droits qu'il tenait de son certificat de capacité.

(*) *Annales des mines*, 1^{er} volume de 1846, p. 621 et 684.

« A cet effet, ils adresseront au ministre des travaux publics une demande accompagnée : 1° d'une copie de leur certificat de capacité, délivrée et signée par le président de la commission de surveillance des bateaux à vapeur du port de la résidence ;

« 2° D'une pièce authentique faisant connaître le lieu et la date de leur naissance.

« Il sera délivré récépissé de cette demande, et l'ancien certificat de capacité continuera d'être valable s'il est accompagné de ce récépissé. »

Art. 2. — Les porteurs du brevet de service délivré par application de l'article 16 de l'arrêté du 2 février 1893 pourront échanger ce brevet contre celui qui est prévu par le présent arrêté.

A cet effet, ils adresseront au ministre des travaux publics une demande accompagnée de leur brevet actuel.

Le récépissé de cette demande qui leur sera adressé leur tiendra lieu de brevet en attendant l'échange.

Paris, le 15 juillet 1896.

TURREL.

Loi du 16 juillet 1896, modifiant l'article 11 de la loi du 29 juin 1894, sur les caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs.

Article unique. — L'article 11 de la loi du 29 juin 1894 (*) est complété par les dispositions suivantes :

« Ce local ne pourra être autre qu'une mairie. Pour ces opérations, le maire sera tenu de mettre une des salles de la mairie à la disposition de la société.

« Les statuts peuvent, en outre, décider que la circonscription sera divisée en sections électorales et fixer le nombre de conseillers à élire pour chacune, ce nombre ne pouvant en aucun cas être inférieur à deux conseillers.

« Si le vote, soit pour la circonscription entière, soit pour une de ses sections électorales, a eu lieu dans plusieurs mairies, le juge de paix compétent pour connaître des contestations prévues à l'article 13 ci-dessous est celui de la commune qui, lors de la convocation des électeurs, aura dû être désignée pour la réunion des résultats et la proclamation du vote. »

(*) Volume de 1894, p. 358.

Décret du Président de la République, du 17 juillet 1896, réglant l'exploitation de l'or, des métaux précieux et des pierres précieuses à MADAGASCAR.

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Monsieur le Président, le régime des mines d'or, des métaux précieux et des pierres précieuses à Madagascar vient de faire l'objet d'un règlement local dont les termes ont été arrêtés par mon département, d'après les propositions du résident général.

Certaines dispositions de ce règlement ont pour effet de soumettre les contrevenants à la juridiction des tribunaux français organisés par décret du 9 juin 1896; d'autre part, elles étendent les attributions du personnel des résidents chargés des fonctions de commissaire des mines, personnel dont l'organisation a été également fixée par un décret en date du 28 décembre 1895. Il m'a paru indispensable de sanctionner la réglementation locale des mines à Madagascar par un nouveau décret du Président de la République française, afin de lui donner toute force exécutoire.

Si vous vouliez bien partager ma manière de voir, je vous serais très reconnaissant de revêtir de votre haute approbation le projet de décret que j'ai l'honneur de soumettre à votre signature.

Cette approbation ne pourra d'ailleurs qu'encourager les efforts des explorateurs, qui ont l'intention de se livrer à la recherche et à l'exploitation des mines à Madagascar.

Je vous prie d'agréer, monsieur le Président, l'hommage de mon profond respect.

Le Ministre des colonies,
ANDRÉ LEBON.

Le Président de la République française,

Vu le décret du 11 décembre 1895, déterminant les pouvoirs du résident général à Madagascar;

Vu le décret du 28 décembre 1895, organisant le personnel des résidences à Madagascar;

Vu le décret du 9 juin 1896, portant organisation de la justice française à Madagascar;

Sur le rapport du ministre des colonies et après avis du comité supérieur des travaux publics des colonies,

Décète :

Art. 1^{er}. — Sont rendues exécutoires les dispositions du règlement local concernant le régime des mines d'or, des métaux précieux et des pierres précieuses, à Madagascar.

Art. 2. — Le ministre des colonies est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* de la République française et au *Bulletin officiel* du ministère des colonies, ainsi que le règlement en question.

Fait à Paris, le 17 juillet 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des colonies,

ANDRÉ LEBON.

RÈGLEMENT

SUR L'EXPLOITATION DE L'OR, DES MÉTAUX PRÉCIEUX ET DES PIERRES PRÉCIEUSES A MADAGASCAR.

TITRE I.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 1^{er}. — La présente loi s'applique aux alluvions, aux amas, aux couches et aux filons renfermant de l'or, d'autres métaux précieux, tels que l'argent et le platine, des pierres précieuses.

L'exploitation des autres substances minérales est réglée par une loi spéciale.

Si des gisements complexes contenant, avec des métaux usuels, des métaux précieux, sont découverts, le chef du service des mines décidera après enquête à laquelle des deux lois doit être soumise leur exploitation.

Art. 2. — Les citoyens, sujets et protégés français, ainsi que les étrangers, sont admis à la recherche et à l'exploitation des mines; les indigènes doivent être autorisés par le gouverneur de leur province, sauf approbation du résident.

Il est interdit aux fonctionnaires français et indigènes de l'administration de Madagascar, en activité de service, de se livrer à la recherche et à l'exploitation des mines.

Art. 3. — L'exploitation des mines ne peut être faite que dans les périmètres miniers déclarés ouverts à l'exploitation publique.

Les recherches peuvent être faites en terrain non déclaré ouvert à l'exploitation publique, dans les conditions indiquées au titre suivant.

TITRE II.

DE LA RECHERCHE EN TERRAIN NON DÉCLARÉ OUVERT
A L'EXPLOITATION PUBLIQUE.

Art. 4. — Toute personne qui veut entreprendre des recherches en terrain non déclaré ouvert à l'exploitation publique doit demander un permis de recherches, soit au service des mines à Tananarive, soit à un résident; le permis est délivré contre versement d'une somme de 25 francs; il est valable pour un an et indéfiniment renouvelable dans les mêmes formes; il donne le droit de faire des recherches en dehors des périmètres déclarés et d'établir un signal de recherches.

Art. 5. — Le signal est un poteau de 2 mètres de haut, sur lequel est fixée une affiche portant en langue française le nom de l'explorateur, le lieu et la date de la délivrance du permis, la date de la pose du signal et l'indication que les recherches ont pour objet l'or, les métaux précieux et les pierres précieuses.

Un signal ne peut être placé à moins de 2 kilomètres 1/2 de tout signal déjà établi; il doit être situé en dehors de tout périmètre minier déjà déclaré ouvert à l'exploitation publique; les signaux établis par un même explorateur doivent être éloignés les uns des autres d'au moins 25 kilomètres.

Aussitôt qu'un signal est établi, l'explorateur doit en aviser par lettre le résident de la province, qui en informe le service des mines à Tananarive: l'explorateur doit indiquer avec toute la précision possible le point où le signal est planté. Faute de cette indication, l'avis pourra être tenu pour non avenu.

L'avis est inscrit sur un registre spécial avec indication de la date et de l'heure à laquelle il a été reçu par le résident.

Art. 6. — L'explorateur a le droit exclusif de faire des fouilles dans un cercle de 2 kilomètres et demi de rayon autour de chacun des signaux qu'il a établis, à la condition de se tenir à l'extérieur des cercles déjà occupés par d'autres explorateurs et des périmètres miniers déclarés ouverts à l'exploitation publique.

Il est interdit de faire des fouilles :

1° Dans l'emplacement des travaux d'utilité publique; 2° dans les routes et chemins et dans leurs dépendances; 3° dans une zone de 50 mètres autour des travaux d'art; 4° dans les lieux de sépulture et dans une zone de 10 mètres à l'entour; 5° dans les propriétés encloses de murs et dans une zone de 50 mètres autour des maisons et des puits et de 10 mètres autour des enclos, sauf autorisation spéciale du propriétaire.

En propriété non close, si le propriétaire du sol s'oppose aux fouilles, celles-ci ne peuvent être entreprises qu'après autorisation du résident de la province.

Art. 7. — L'explorateur est responsable des dommages temporaires

ou permanents subis par les propriétés ou cultures, du fait des fouilles. Tout dommage de cette nature donne lieu à une indemnité double du préjudice causé.

Le juge compétent sera le juge de paix, toutes les fois que la constatation ne se sera pas élevée uniquement entre indigènes.

TITRE III.

DE L'INSTITUTION DES PÉRIMÈTRES MINIERES DÉCLARÉS OUVERTS A L'EXPLOITATION PUBLIQUE.

Art. 8. — Tout explorateur qui a découvert un gisement en dehors d'un périmètre minier déclaré et qui désire l'exploiter doit adresser à ce sujet une déclaration au service des mines à Tananarive.

La déclaration est inscrite sur un registre spécial, avec indication de la date et de l'heure à laquelle elle a été reçue.

Le service des mines procède à une enquête, à la suite de laquelle il décide, s'il y a lieu, soit de déclarer ouverts un ou plusieurs périmètres miniers, soit de rattacher les gisements découverts à des périmètres miniers déjà déclarés.

Art. 9. — Si un ou plusieurs périmètres miniers nouveaux sont déclarés, le service des mines décide quelles sont les personnes qui doivent jouir, dans chacun de ces périmètres, des droits d'inventeur définis à l'article 11 ci-dessous.

Le service des mines établit les dimensions et les prix de location des lots d'exploitation pour chaque périmètre, conformément aux dispositions suivantes.

On distingue trois catégories de lots :

Première catégorie : en alluvions riches, le lot est un carré de 100 mètres de côté ;

Deuxième catégorie : en alluvions moyennement riches et pour les diamants en roche, le lot est un rectangle de 200 mètres sur 250 mètres ;

Troisième catégorie : en alluvions pauvres, en alluvions recouvertes et en roches, le lot est un rectangle de 250 mètres sur 1 kilomètre.

Pour chacune de ces catégories, le prix de location par mois est déterminé par le service des mines.

Les taxes peuvent être revisées tous les deux ans pour tenir compte du rapport entre la teneur en or, métal précieux, ou pierres précieuses, qui a servi de base à la taxation précédente et la teneur réelle constatée dans les six derniers mois.

Art. 10. — Chaque périmètre minier est placé dans les attributions d'un commissaire des mines. Ces attributions sont définies par les articles 12, 15, 16, 21, 25, 28 de la présente loi. Les résidents peuvent, par décision du résident général, être chargés des fonctions de commissaire des mines.

Art. 11. — Dans la semaine qui suit l'installation du commissaire des mines, les inventeurs désignés conformément à l'article 9 ont le droit de se marquer respectivement, autour des signaux qu'ils ont établis et qu'ils ont désignés dans leur demande, un nombre de lots contigus qui ne peut dépasser 80 ; la plus petite dimension du terrain total ne doit pas être inférieure à un quart de la plus grande.

Un de ces lots, que l'inventeur doit désigner, est dispensé de la taxe pendant dix ans ; les autres en sont dispensés pendant un an.

Art. 12. — Dans les trois semaines suivantes, le commissaire des mines désigne les parties du périmètre minier qui seront réservées aux lots des différentes catégories.

Le trente et unième jour après son installation, il déclare que le périmètre minier est réellement ouvert à l'exploitation publique.

Art. 13. — Toute personne autre que l'inventeur, qui veut obtenir des lots d'exploitation, demande au commissaire des mines un nombre de permis correspondant et verse la première annuité des taxes y afférentes. Le nombre de permis qui peut être accordé à la même personne ne peut dépasser 10.

La demande est inscrite sur un registre spécial, avec indication de la date et de l'heure à laquelle elle est déposée. Le permis est accordé dans le plus bref délai, d'après le rang d'inscription ; il porte mention de la date et de l'heure de la délivrance. Toutefois les explorateurs, qui auraient établi un signal de recherches dans le périmètre minier, antérieurement à la date de la première déclaration d'ouverture, ont droit de priorité sur les autres demandeurs.

Art. 14. — Toute personne munie d'un certain nombre de permis de l'une des trois catégories a droit de se marquer un nombre égal de lots contigus de cette catégorie dans les régions pour ce désignées par le commissaire des mines.

Tout lot ou groupe de lots appartenant à une même personne doit être délimité par des piquets d'un diamètre de 5 centimètres au moins et dépassant le sol de 1 mètre au moins. Leur distance doit être de 25 mètres au plus pour les lots de première catégorie et de 50 mètres au plus pour les lots de deuxième et de troisième catégories.

Les piquets d'angle, d'une hauteur de 2 mètres, doivent porter une affiche indiquant en langue française le nombre des lots, le nom de l'occupant, la date et l'heure de la délivrance des permis correspondants, la date de la prise de possession.

Tout lot marqué doit être immédiatement déclaré au commissaire des mines, et reçoit un numéro d'ordre qui doit être inscrit sur les affiches des quatre poteaux d'angle.

Art. 15. — Si une compétition se produit entre mineurs pour la démarcation d'un lot, le conflit est porté devant le commissaire des mines, qui statue en tenant compte de l'ancienneté de date des titres qu'il a délivrés et des droits de priorité qui en résultent.

Les parcelles qui demeurent inoccupées entre les lots et dont les

dimensions sont inférieures à celles d'un lot peuvent être attribuées à l'un des occupants des lots voisins, à la condition qu'il prenne un titre spécial pour chaque parcelle.

En cas de compétition pour l'attribution de ces parcelles, le commissaire des mines procède à une vente aux enchères entre les détenteurs de lots contigus ; cette enchère porte sur la somme à verser immédiatement en sus de la taxe.

TITRE IV.

DU RÉGIME DES PÉRIMÈTRES MINIERS DÉCLARÉS OUVERTS A L'EXPLOITATION PUBLIQUE.

SECTION 1. — *Droits et obligations des détenteurs de lots d'exploitation à l'égard de l'État.*

Art. 16. — Si le détenteur d'un lot d'exploitation n'a pas payé d'avance la taxe mensuelle correspondante, un délai de cinq jours lui est accordé ; passé ce délai, le commissaire des mines fait annoncer la vente aux enchères pour le vingt-cinquième jour suivant ; jusqu'à cette date, le mineur a le droit d'empêcher la mise en vente de son lot en payant la taxe due et une amende de 2 francs par jour de retard, faute de quoi il est donné suite à l'adjudication au profit de l'État. Dans le cas où l'adjudication n'a donné aucun résultat, ce lot est démarqué, et le terrain redevient vacant.

Art. 17. — Tout mineur peut abandonner son lot et s'en marquer un nouveau, à condition d'en faire la déclaration au commissaire des mines. Les lots abandonnés sont mis aux enchères comme il est dit ci-dessus.

Art. 18. — Tout lot est cessible ; le nouveau détenteur doit se munir d'un permis correspondant. Aucune cession n'est valable qu'à partir de la date de son enregistrement par le commissaire des mines.

Art. 19. — Il est dû pour chaque vente un droit de mutation de 4 p. 100 du prix correspondant. Les titres émis par les sociétés minières sont soumis à un droit de mutation de 1 p. 100 pour les titres nominatifs et à un droit annuel d'abonnement de 40 centimes pour les titres au porteur.

SECTION 2. — *De l'enregistrement des lots.*

Art. 20. — L'enregistrement des lots confère les avantages suivants :

1° Le lot enregistré est un immeuble ;

2° Les lots enregistrés peuvent être hypothéqués comme les immeubles ordinaires ; l'inscription des hypothèques doit être faite au bureau du commissaire des mines ; le droit d'inscription est de 10 francs par lot ;

3° Par dérogation à l'article 16, le délai après lequel le commissaire

des mines fait sommation de payer la taxe de location est porté à six mois ; si, dans un délai de trois mois, les taxes dues ne sont pas acquittées, le lot est vendu aux enchères, mais l'État ne prélève sur le montant de la vente que les taxes dues et une amende de 50 francs ; l'excédent fait retour à l'ancien détenteur.

Art. 21. — Tout mineur peut faire enregistrer ses lots. La demande, qui donne lieu à la perception d'un droit de 5 francs, est examinée dans un délai de trois mois par le commissaire des mines. Avant la fin du premier mois, un avis à fin d'enquête est publié aux frais du demandeur, par voie d'affichage, dans le périmètre minier. Un plan du lot ou groupe de lots doit être dressé aux frais du demandeur. Des oppositions peuvent être faites sous la condition du paiement d'un droit de 5 francs. Le délai de trois mois expiré, s'il n'y a pas d'opposition, le lot est enregistré sur un livre spécial, et un certificat est délivré au demandeur. Le droit d'enregistrement est de 100 francs par lot. S'il y a des oppositions, le litige est porté dans les quinze jours devant le tribunal français de la région. Un lot ne peut être enregistré qu'autant qu'il n'est dû sur lui aucune taxe ou amende.

SECTION 3. — *Des concessions.*

Art. 22. — Des sociétés instituées pour l'exploitation des mines pourront réclamer la transformation en concession de chacun des groupes de lots contigus qu'elles détiennent, à la condition d'avoir obtenu au préalable l'approbation de leurs statuts par le résident général. Les formalités de la demande et de l'enquête sont les mêmes que celles qui sont prévues à l'article précédent pour l'enregistrement des lots, sauf que la demande est examinée par le chef du service des mines et que la publication comporte, en outre de l'affichage dans le périmètre minier, l'insertion au *Journal officiel* de Madagascar. Chaque concession ne peut avoir une surface inférieure à 50 hectares, ni supérieure à 2.000 hectares ; la même société ne peut obtenir plus de dix concessions dans l'étendue de l'île.

Art. 23. — La transformation d'un ensemble de lots en concession confère :

1° Tous les avantages attachés à l'enregistrement des lots, sous la réserve que les mutations des concessions seront soumises à l'autorisation du résident général ;

2 Le droit d'opter entre la taxe à la surface, établie pour des lots, et un système fiscal spécial, composé d'une taxe annuelle de surface, égale au dixième de la taxe mensuelle établie pour les lots par hectare et par an, et d'un droit *ad valorem* de 5 p. 100 sur les matières extraites jusqu'à concurrence d'une contribution totale égale à la moitié de la taxe pleine à la surface. Le droit fixe ne pourra toutefois descendre au-dessous de 5 francs par hectare et par an.

Art. 24. — La taxe de surface spéciale aux concessions est payable

par année et d'avance ; la taxe *ad valorem* est payable par année, trois mois au plus après l'expiration de l'année sur la production de laquelle elle porte. Le concessionnaire doit tenir les livres qui lui sont prescrits par l'administration en vue du contrôle de la production. Si l'une des deux taxes n'est pas payée à l'échéance fixée, la procédure et la sanction sont les mêmes que celles qui sont établies par l'article 20 pour les lots enregistrés. Si l'enchère n'a pas donné de résultats, la concession est annulée, et le terrain peut être de nouveau divisé en lots.

SECTION 4. — *Droits et obligations des exploitants de mines envers les tiers.*

Art. 25. — La propriété des mines est distincte de celle de la surface.

Dans l'intérieur de tout périmètre minier, les exploitants des mines ont le droit d'établir des chemins d'accès et d'user de ceux qui sont établis, d'établir des dérivations et des canalisations d'eau, d'abattre les bois, d'occuper des terrains en dedans et en dehors de leurs lots d'exploitation ou de leur concession.

En cas de réclamation des propriétaires ou des autres exploitants, l'exécution de ces opérations est subordonnée à l'autorisation du commissaire des mines ; on devra observer pour l'exécution des fouilles les prescriptions de l'article 6. Les taxes concernant le droit de passage, le droit d'eau, l'abatage des bois et l'occupation des terrains en terrain domanial feront l'objet, sur la proposition du commissaire des mines, de tarifs homologués par le résident général après avis du directeur des domaines.

Art. 26. — Tout mineur est responsable des dommages temporaires ou permanents causés par son exploitation aux propriétaires du sol et aux autres mineurs. Tout dommage temporaire ou permanent subi par les propriétés ou cultures du fait de l'exploitation donne lieu à une indemnité double du préjudice causé. Le juge compétent sera le juge français, toutes les fois que la contestation ne se sera pas élevée uniquement entre indigènes.

SECTION 5. — *Du commerce de l'or, des autres métaux précieux et des pierres précieuses.*

Art. 27. — Le commerce de l'or, des autres métaux précieux, des pierres précieuses à l'état brut, ne peut être fait que moyennant le paiement d'un droit de patente hors classe de 1.800 francs par an.

Ne sont pas considérés comme faisant commerce les exploitants qui vendent des produits de leurs exploitations.

Tout marchand de matières susvisées doit tenir les livres qui lui sont prescrits par l'administration et les tenir à la disposition des agents pour ce désignés, qui y apposent leur visa.

TITRE V.

PÉNALITÉS.

Art. 28. — Les contraventions aux prescriptions de la présente loi seront dénoncées et constatées comme les contraventions en matière de police. Les commissaires des mines sont officiers de police judiciaire dans l'étendue des périmètres miniers.

Art. 29. — Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés par les officiers de police judiciaire ou affirmés entre leurs mains, par les agents de la force publique, dans le délai d'un mois.

Art. 30. — Les procès-verbaux seront, suivant la situation des lieux, adressés en original au procureur de la République près le tribunal de première instance ou à l'officier du ministère public près la justice de paix à compétence étendue, qui sera tenu de poursuivre d'office les contrevenants à l'audience correctionnelle du siège, sans préjudice des dommages-intérêts des parties.

Art. 31. — Des amendes de 5 à 100 francs et des emprisonnements d'un à cinq jours peuvent être infligés pour infractions aux dispositions de la présente loi, autres que celles définies ci-après :

Art. 32. — Sont punis d'une amende de 100 à 1.000 francs et d'un emprisonnement d'un à cinq jours :

1° Ceux qui se livrent sans permis à des recherches ;

2° Les concessionnaires et les marchands de substances précieuses qui ne tiennent pas leurs livres d'une façon régulière ou refusent de les montrer aux agents de l'administration. Dans ce dernier cas, la confiscation des substances précieuses saisies sera toujours prononcée.

Art. 33. — Sont punis d'une amende de 100 à 1.000 francs et d'un emprisonnement de quinze jours à deux ans :

1° Ceux qui établissent, détruisent ou déplacent d'une façon illicite des signaux de recherche ;

2° Ceux qui marquent ou démarquent des lots d'une façon illicite ;

3° Ceux qui falsifient les dates inscrites sur leurs permis.

Art. 34. — Sont punis d'une amende de 1.000 à 25.000 francs et d'un emprisonnement de trois mois à trois ans ceux qui se livrent sans permis à l'exploitation des matières précieuses ou sans patente au commerce de ces substances.

La même peine est applicable à ceux qui font commerce d'acheter des métaux précieux ou des pierres précieuses à l'état brut à une personne non munie d'un permis d'exploitation ou d'une licence de vente.

La confiscation des matières saisies sera toujours prononcée.

Art. 35. — Les délits prévus par les articles 31, 32, 33 et 34 sont déferés à la juridiction française ; la juridiction malgache ne connaît que des affaires dans lesquelles aucun Européen n'est impliqué.

Art. 36. — Dans tous les cas où la peine de l'emprisonnement et

celle de l'amende sont prévues par la présente loi, si les circonstances paraissent atténuantes, les tribunaux sont autorisés, même en cas de récidive, à réduire l'emprisonnement même au-dessous de six jours et l'amende même au-dessous de 16 francs; ils pourront aussi prononcer séparément l'une ou l'autre de ces peines, sans qu'en aucun cas elle puisse être au-dessous des peines de simple police.

Art. 38. — Les amendes, aussi bien que les taxes et droits, sont payables, soit en numéraire français, soit en or brut, au titre minimum de 90 p. 100, évalué à 2 fr. 70 le gramme.

Décision ministérielle, du 28 juillet 1896, rapportant l'arrêté du 21 février 1895 qui avait prononcé la déchéance des concessionnaires des mines de fer et de manganèse de MONTCOUYOUL (Tarn).

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

CHEMINS DE FER. — MESURES DE SÉCURITÉ. — RELEVÉS ANNUELS.

Paris, le 25 juillet 1896.

A M. , *Inspecteur général du contrôle.*

Monsieur l'inspecteur général, certaines compagnies de chemins de fer ont demandé, à raison de l'avancement des travaux, à être dispensées de fournir à l'avenir les états annuels institués par la circulaire ministérielle du 17 juin 1893 et concernant les mesures de sécurité prescrites par les circulaires des 13 septembre 1880, 2 novembre 1881, 12 janvier 1882, etc... Quelques ingénieurs du contrôle ont pensé également que ces états n'étaient plus utiles.

Je reconnais qu'étant donné le degré d'application des diverses mesures de sécurité, il n'est plus nécessaire de produire des renseignements aussi détaillés qu'on l'a fait jusqu'ici. Mais, en réalité, les travaux ne sont pas complètement terminés, et il y a intérêt à ce que l'Administration supérieure soit toujours tenue au courant de la situation sur chaque réseau. Je crois donc devoir maintenir les relevés qui sont transmis, au 1^{er} janvier de chaque année, aux services de contrôle par les compagnies. Toutefois, ces relevés pourront être dressés dans une forme plus sommaire, de manière à éviter des écritures inutiles ; ils seront présentés à l'avenir suivant le modèle ci-joint.

Dans le même ordre d'idées, j'ai décidé que, de leur côté, MM. les ingénieurs du contrôle seront dispensés de rédiger des rapports sur ces états ; ils ne le feront que dans le cas où ils auraient des faits particuliers à signaler à l'Administration. Les tableaux fournis par les compagnies me seront donc généralement transmis avec un simple avis des services de contrôle.

Veillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente circu-

laire, dont je donne connaissance aux compagnies pour la partie qui les concerne.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Paris, le 25 juillet 1896.

A MM. les Administrateurs de la compagnie des chemins de fer d

Messieurs, certaines compagnies de chemins de fer ont demandé, à raison de l'avancement des travaux, à être dispensées de fournir à l'avenir les états annuels institués par la circulaire ministérielle du 17 juin 1893 et concernant les mesures de sécurité prescrites par les circulaires des 13 septembre 1880, 2 novembre 1881, 12 janvier 1882, etc...

Je reconnais qu'étant donné le degré d'application des diverses mesures de sécurité, il n'est plus nécessaire de produire des renseignements aussi détaillés qu'on l'a fait jusqu'ici. Mais, en réalité, les travaux ne sont pas complètement terminés, et il y a intérêt pour l'Administration à être toujours tenue au courant de la situation sur chaque réseau. Je crois donc devoir maintenir les relevés qui sont adressés, au 1^{er} janvier de chaque année, aux services de contrôle, par les compagnies. Toutefois, ces relevés pourront être dressés dans une forme plus sommaire, de manière à éviter des écritures inutiles; ils seront présentés à l'avenir suivant le modèle ci-joint.

Veillez m'accuser réception de la présente circulaire, que je notifie à MM. les inspecteurs généraux du contrôle.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

MESURES DE SÉCURITÉ.

EXÉCUTION DES CIRCULAIRES MINISTÉRIELLES
DES 13 SEPTEMBRE 1880, 2 NOVEMBRE 1881, 12 JANVIER 1882 (*)
10 JUILLET ET 2 DÉCEMBRE 1886 (*).

RÉSEAU D

Situation au 1^{er} janvier 189 .

MESURES DE SÉCURITÉ		LIGNE	
		Exécuté	Restant à exécuter
1^{er} Freins continus.			
Nombre de machines et de véhicules munis du frein continu. . . .			
Id. restant à munir du frein continu			
2^e Block-system.			
Longueur kilométrique totale exploitée par le block-system.			
Id. restant à munir du block-system			
3^e Cloches électriques.			
Longueur kilométrique totale munie de cloches.			
Id. restant à munir de cloches.			
4^e Enclenchements.			
Nombre d'aiguilles enclenchées.			
Id. restant à enclencher.			
5^e Appareils avertisseurs ou protecteurs aux P N.			
Nombre de P N. protégés.			
Id. restant à protéger.			
6^e Intercommunication.			
Nombre de trains munis de l'intercommunication.			
Id. restant à munir de l'intercommunication.			
Totaux			

(*) Volumes de 1880, p. 372; de 1881, p. 450; de 1882, p. 24; de 1886, p. 1 et 321.

CHEMINS DE FER. — SERVICE DES CHEFS DE STATION ET DES MÉCANICIENS
ET CHAUFFEURS.

Paris, le 30 juillet 1896.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Messieurs, les accidents successifs qui ont eu lieu dans ces derniers temps ont attiré mon attention sur le service des chefs de gare et des mécaniciens, et notamment sur les conditions de recrutement des premiers, les règles à suivre pour la nomination des seconds ayant seules, jusqu'ici, fait l'objet de prescriptions de mon administration (arrêté ministériel du 3 mai 1892) (*). Je me suis préoccupé également de savoir dans quelles conditions les compagnies appliquaient les circulaires des 4 mai et 6 novembre 1894 (**) qui ont limité la durée du travail de ces diverses catégories d'agents, de manière à éviter un surmenage qui, en leur imposant un travail excessif, serait de nature à affaiblir leur vigilance et à compromettre par suite la sécurité.

De l'enquête à laquelle j'ai fait procéder sur ces divers points, il résulte :

a) Que les chefs de gare et de station ne sont généralement appelés à exercer leurs fonctions que quelques années après leur entrée à la compagnie, et que, sur divers réseaux, ils doivent subir un examen ;

b) Que les prescriptions de l'arrêté ministériel du 3 mai 1892 concernant les mécaniciens et chauffeurs sont observées et qu'un exemplaire du procès-verbal d'examen de chaque candidat est communiqué aux ingénieurs du contrôle ;

c) Enfin, que les compagnies se conforment, d'une manière très générale, aux instructions ministérielles pour la limitation des heures de travail des chefs de station et des mécaniciens et chauffeurs ; que cependant on constate quelques dérogations, mais que le contrôle s'attache à les faire disparaître quand elles ne sont pas justifiées et que, d'autre part, un certain nombre de mesures sont également à l'étude en vue d'alléger encore le travail des chefs de gare, sans engager toutefois de nouvelles dépenses.

(*) Volume de 1892, p. 227.

(**) Volume de 1894, p. 312 et 527.

Après examen du dossier de l'enquête, il m'a paru que, s'il n'était pas possible, à raison des attributions multiples qui leur sont dévolues, de réglementer le recrutement des chefs de gare d'une façon aussi étroite que celui des mécaniciens et chauffeurs, il était cependant utile d'exiger de ces agents des garanties pour la partie de leur service qui touche à l'application des règlements et à la sécurité. D'un autre côté, j'ai reconnu que, pour la facilité du contrôle de l'Administration, aussi bien que dans l'intérêt des agents et des compagnies elles-mêmes, il convenait de prendre des mesures complémentaires destinées à rendre plus efficace et plus apparente l'exécution des circulaires de 1894 touchant la limitation de la durée du travail.

J'ai, en conséquence, décidé que les compagnies seraient tenues :

1° De faire subir aux candidats chefs de gare un examen portant sur les règlements et les diverses questions de sécurité qui rentrent dans leurs attributions, étant entendu que les procès-verbaux de ces examens seraient, comme ceux des mécaniciens et chauffeurs, communiqués au contrôle ;

2° D'assurer aux chefs de gare et à leurs remplaçants *dans tous les cas*, même dans les cas d'alternance, la durée de repos que prescrit la circulaire du 6 novembre 1894 ;

3° D'afficher d'une façon bien apparente, dans les dépôts, de manière à les porter à la connaissance des mécaniciens et des chauffeurs, des copies conformes de tous les tableaux et de tous les graphiques des roulements ;

4° D'afficher également les tableaux de service du personnel dans les bureaux des agents des gares et d'y inscrire toutes les modifications au fur et à mesure qu'elles se produisent ;

5° D'établir, pour les chefs de gare et leurs remplaçants, de même que pour les mécaniciens et chauffeurs, les comptes rendus prescrits par les règles 6° et 7° de la circulaire du 4 mai 1894 ;

6° De détailler dans ces comptes rendus mensuels les dérogations aux règles posées par les circulaires de 1894, de manière à bien faire ressortir les différences entre le travail *prévu* et le travail *réellement effectué* par chaque catégorie d'agents ;

7° D'adresser ces comptes rendus le 10 de chaque mois à l'ingénieur en chef du contrôle de l'exploitation technique et d'en afficher des extraits dans les dépôts ou dans les bureaux des agents des gares.

Je vous prie, Messieurs, de m'accuser réception de la présente circulaire et de me faire connaître les dispositions que vous aurez

prises pour en assurer l'exécution dans un délai aussi court que possible.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

DROITS D'ÉPREUVE DES APPAREILS A VAPEUR. — APPLICATION
DES ARTICLES 6 ET 7 DE LA LOI DU 18 JUILLET 1892 (*).

Paris, le 31 juillet 1896.

A M. le préfet du département d

Monsieur le préfet, quelques hésitations se sont produites au sujet du mode de rédaction, d'après la circulaire du 27 décembre 1892 (**), de l'état-matrice relatif aux épreuves d'appareils à vapeur. Les présentes instructions, concertées avec M. le ministre des finances, ont pour objet de faire disparaître les divergences qui m'ont été signalées.

Les états-matrices en question doivent être dressés par commune dans un ordre combiné, pour chaque département, avec le directeur des contributions directes. La commune qui doit être inscrite à la colonne 3 de l'état doit toujours être celle où a eu lieu l'épreuve et non celle du domicile de la personne ou société indiquée dans la colonne 2.

Si l'épreuve a eu lieu au domicile de ladite personne ou société, ce qui est le cas le plus habituel, il n'y a aucune difficulté dans la rédaction de l'état.

Dans le cas contraire, comme pour une épreuve demandée par un constructeur après réparation sur place chez un usager, l'état devra être rédigé d'après les règles suivantes :

A la colonne 2 on portera, outre son nom, le domicile de la personne ou de la société qui a demandé l'épreuve et qui est, par suite, redevable de la taxe ;

A la colonne 3 on inscrira la commune et, s'il y a lieu, l'adresse à laquelle l'épreuve a été faite, ainsi que le nom de la personne ou de la société chez qui elle a eu lieu ;

(*) Volume de 1892, p. 299.

(**) Volume de 1892, p. 397.

Enfin, à la colonne 14, on rappellera la particularité par l'insertion de la mention : « Épreuve faite hors du domicile du devable. »

J'adresse ampliation de la présente circulaire aux ingénieurs des mines et aux présidents des commissions de surveillance des moteurs à vapeur.

Vous voudrez bien veiller, en ce qui vous concerne, à la régulière application de ces instructions.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

JURISPRUDENCE.

APPAREILS ET BATEAUX A VAPEUR. — CONTRAVENTIONS AUX RÈGLEMENTS.
— COMPLICITÉ. — APPLICATION DE LA LOI DU 21 JUILLET 1856.
(Affaire : Bateau à vapeur « GÉDÉON-COUDERT ».)

1. — *Jugement rendu, le 6 juillet 1894, par le tribunal correctionnel de Bordeaux.*

(EXTRAIT.)

Attendu que la loi du 21 juillet 1856 désigne expressément les personnes qui, pour les diverses contraventions qu'elle prévoit, sont susceptibles de faire l'objet de poursuites.

Que, notamment, en ce qui concerne la contravention relevée, elle indique le propriétaire ou le chef d'entreprise ;

Attendu qu'en matière pénale la loi doit être interprétée dans un sens étroit (Arrêt de Bordeaux, 6 août 1869 ; *Journal des arrêts*, 1869, p. 100) ;

Qu'on ne saurait donc, dans le cas actuel, considérer comme auteur principal de la contravention le s^r N..., qui n'était, ni propriétaire, ni chef d'entreprise, mais simple représentant de la maison Coudert et fils.

Attendu qu'aucun texte de loi n'empêche de poursuivre comme complice qui ne peut être atteint comme auteur principal ;

Qu'en fait le sieur N... a aidé et assisté le s^r Coudert dans les faits qui ont préparé et consommé la contravention ;

Qu'en effet, il déclare lui-même dans son interrogatoire devant M. le commissaire spécial de la police des chemins de fer que c'est lui qui a fait partir le bateau *Gédéon-Coudert*.

Attendu que la contravention est certaine ;

Qu'il résulte des documents versés aux débats et de la déposition des témoins entendus à l'audience que le permis de navigation délivré par le préfet de la Gironde le 23 juillet 1890 avait été annulé à Alger en raison du changement de chaudière ; que le préfet d'Alger n'avait accordé au s^r Gédéon Coudert qu'un permis provisoire qui devait cesser d'être valable dès que le navire aurait regagné Bordeaux, son port d'armement ;

Attendu que le navire, étant venu à Bordeaux, ne pouvait reprendre la mer sans un nouveau permis émané du préfet de la Gironde ;

Qu'il est parti sans être muni de ce permis et malgré les observations qui avaient été faites par les membres de la commission de surveillance des bateaux à vapeur ;

Qu'ainsi a été commise la contravention à l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856, qui punit le fait de faire naviguer un bateau à vapeur avec un permis périmé.

Par ces motifs, le tribunal déclare N... complice par aide et assistance de la contravention commise par le s^r Coudert et le condamne à 3.000 francs d'amende et aux frais.

II. — *Arrêt rendu, le 12 décembre 1894, par la cour d'appel de Bordeaux.*

(EXTRAIT.)

Attendu que des documents versés aux débats, et notamment des divers extraits du rôle des contributions directes, exercice 1892 et 1893, il résulte que le s^r Gédéon Coudert, aujourd'hui décédé, était seul propriétaire et armateur du navire *le Gédéon-Coudert*, et que N... n'était que son préposé ;

Que ce dernier échappe, par suite, à toute poursuite comme auteur du délit contraventionnel qui lui est reproché, puisque l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856 ne punit que le propriétaire ou chef d'entreprise ;

Attendu qu'il ne saurait davantage être recherché comme complice, aux termes des articles 59 et 60 du code pénal ;

Que les dispositions de ces articles ne s'appliquent aux délits contraventionnels prévus par une loi particulière que tout autant que cette loi n'y a pas dérogé expressément ou tacitement ;

Que, dans l'espèce, l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856 frappe uniquement le propriétaire ou chef d'entreprise à raison de sa qualité, sans se préoccuper de sa participation plus ou moins directe à l'acte incriminé, et le rend personnellement responsable de l'infraction commise par ses préposés, même s'ils ont enfreint ses ordres ;

Attendu, du reste, que la meilleure preuve que l'infraction reprochée à N... ne comporte ni co-auteur ni complice, c'est que

la peine ne peut atteindre à la fois le propriétaire et le chef de l'entreprise, mais seulement l'un à défaut de l'autre ;

Qu'il convient dès lors de relaxer le s^r N... des fins de la poursuite, sans dépens ;

Par ces motifs,

Sans s'arrêter à l'appel à minima du ministère public, et faisant droit, au contraire, à l'appel de N... envers le jugement du tribunal correctionnel de Bordeaux du 6 juillet 1894,

La cour infirme ledit jugement, et relaxe le s^r N... des fins de la poursuite, sans dépens.

III. — *Arrêt rendu, le 21 juin 1895, par la cour de cassation (chambre criminelle).*

(EXTRAIT.)

Sur la fin de non-recevoir tirée par le défendeur de ce que le pourvoi ne lui aurait pas été notifié dans le délai fixé par l'article 418 du code d'instruction criminelle ;

Attendu que le délai de trois jours pour la notification du pourvoi du ministère public au prévenu n'est pas prescrit à peine de nullité ;

Rejette la fin de non-recevoir ;

Sur le moyen unique tiré de la violation des articles 59 et 60 du code pénal et 9 de la loi du 21 juillet 1856 ;

Vu lesdits articles ;

Attendu que N... était poursuivi comme complice, par aide ou assistance, d'une infraction à l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856 sur les appareils et bateaux à vapeur, infraction commise par un propriétaire ou chef d'entreprise décédé depuis, lequel aurait continué à faire naviguer un bateau à vapeur dont le permis de navigation avait été suspendu ou retiré en vertu des règlements ;

Que, pour relaxer N..., l'arrêt attaqué s'est fondé sur ce que les dispositions des articles 59 et 60 du code pénal seraient inapplicables en cette matière, à raison du caractère contraven-
tionnel de l'infraction ;

Mais, attendu qu'aux termes de l'article 1^{er} du code pénal l'infraction que les lois punissent de peines correctionnelles est un délit et que cette règle générale s'étend aux matières spéciales, à moins d'une dérogation expresse de la loi ;

Attendu que l'infraction prévue par l'article 9 de la loi du

21 juillet 1856 est punie d'une amende de 400 à 4.000 francs et d'un emprisonnement d'un mois à un an ; qu'elle constitue donc un délit ;

Attendu, d'autre part, que tout individu qui commet un délit peut être aidé dans cet acte coupable, et que cette assistance peut être frappée de la même peine que la perpétration de l'acte, sauf les cas où la loi en aurait disposé autrement ; que, le principe ainsi posé par les articles 59 et 60 du code pénal étant général, l'exception, pour être admise, doit être écrite dans la loi ; que cette exception n'existe pas dans la loi du 21 juillet 1856 ;

Qu'ainsi l'arrêt attaqué a formellement violé les dispositions légales précitées ;

Par ces motifs,

Casse et annule l'arrêt rendu, le 12 décembre 1894, par la cour d'appel de Bordeaux, chambre des appels de police correctionnelle, et pour être statué à nouveau, conformément à la loi, sur l'appel interjeté, tant par le ministère public que par N..., du jugement du tribunal correctionnel de Bordeaux, en date du 6 juillet 1894, renvoie les parties et les pièces de la procédure devant la cour d'appel d'Agen, chambre des appels de police correctionnelle, à ce désignée par délibération spéciale prise en la chambre du conseil.

IV. — Arrêt rendu, le 13 novembre 1895, par la cour d'appel d'Agen.

(EXTRAIT.)

Adoptant les motifs qui ont déterminé les juges du tribunal de Bordeaux,

Et, en outre, attendu qu'aux termes de l'article 1^{er} du code pénal l'infraction que les lois punissent de peines correctionnelles est un délit, et que cette règle générale régit les matières spéciales, toutes les fois qu'il n'y a pas été dérogé par une disposition expresse :

Que les prescriptions des articles 59 et 60 du code pénal, relatives à la complicité, sont de droit commun, générales et s'appliquent à tous les crimes et délits, à moins que la loi n'en ait autrement ordonné ;

Attendu que la loi du 21 juillet 1856 ne contient aucune disposition expresse qui exclue l'application des règles de la complicité ; que cette loi de police maritime édicte des dispositions qui

ont pour but d'assurer le fonctionnement des machines à vapeur et d'éviter les dangers que feraient courir aux équipages et aux passagers, soit la négligence, soit l'incurie des propriétaires et des chefs d'entreprise, armateurs, mécaniciens et autres ;

Attendu que les peines édictées par cette loi sont en rapport avec la gravité des infractions qu'elle prévoit et de beaucoup supérieures aux peines de simple police ;

Que, dans l'esprit de la loi, ces infractions constituent de véritables délits et que ceux qui s'en rendent complices par l'un des moyens prévus par les articles 59 et 60 du code pénal doivent être frappés des mêmes peines que l'auteur principal ;

Par ces motifs, vidant le renvoi ordonné par la cour de cassation, la cour démet le prévenu de son appel.

Confirme le jugement rendu par le tribunal correctionnel de Bordeaux, le 6 juillet 1894. Dit qu'il sera exécuté suivant sa forme et teneur. Condamne N... aux entiers dépens liquidés à 104 fr. 57, non compris les frais du pourvoi ; fixe au minimum édicté par la loi la durée de la contrainte par corps.

V. — *Arrêt rendu, le 8 mai 1896, par la cour de cassation (chambre criminelle).*

(EXTRAIT.)

Sur le premier moyen pris de la violation des articles 8 et 9 de la loi du 21 juillet 1856 et des articles 7, 9, 36 et 39 du décret du 1^{er} février 1893, en ce que l'arrêt attaqué aurait à tort considéré comme provisoire un permis de navigation qui devait être tenu pour définitif ;

Attendu qu'il résulte de l'arrêt attaqué et du jugement dont les motifs ont été adoptés par la cour d'appel que le permis de navigation délivré au bateau *Gédéon-Coudert*, par le préfet de la Gironde, le 23 juillet 1890, avait été annulé à Alger, à raison du changement de chaudière ; que le préfet d'Alger n'avait accordé au *Gédéon-Coudert* qu'un permis provisoire, qui devait cesser d'être valable dès que le navire aurait regagné Bordeaux, son port d'armement ; que le navire, étant venu à Bordeaux, ne pouvait reprendre la mer sans un nouveau permis émané du préfet de la Gironde ; qu'il est parti sans être muni de ce permis et qu'il a été ainsi contrevenu à l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856 ;

Attendu que le demandeur prétend que le préfet d'Alger aurait délivré à tort un permis provisoire, parce que Alger devait être à

cette date considéré comme le port d'armement du *Gédéon-Coudert* et qu'on ne se trouvait pas, d'ailleurs, dans les cas où les permis provisoires peuvent être délivrés ; que, par suite, les autorités administratives de la Gironde auraient dû attribuer à cette pièce la valeur d'un permis définitif, que telle a été l'appréciation du ministre des travaux publics, dans une lettre en date du 13 février 1896 ;

Mais, attendu que les circonstances de fait ci-dessus rappelées, et souverainement constatées par la cour d'appel, l'autorisaient à en déduire les conséquences qu'elle en a tirées quant au port d'armement du *Gédéon-Coudert* et quant à la portée de l'autorisation temporaire de naviguer accordée par le préfet d'Alger, dont l'arrêté n'avait, d'ailleurs, pas été l'objet du recours devant le ministre, ouvert par l'article 7 du décret du 1^{er} février 1893 ; qu'en statuant comme elle l'a fait, la cour d'appel n'a donc violé aucune des dispositions susvisées.

Sur le second moyen pris de la violation, par fausse application de l'article 9 de la loi du 21 juillet 1856, en ce que les faits retenus à la charge de N... constitueraient, non pas le délit prévu par cet article, mais celui de l'article 8 de la même loi ;

Attendu que l'article 8 de la loi du 21 juillet 1856 punit d'une amende de 100 à 2.000 francs tout propriétaire ou chef d'entreprise qui a fait naviguer un bateau à vapeur sans permis de navigation délivré par l'autorité administrative ; que, dans le cas où il s'agit, non plus d'une simple omission, mais d'une désobéissance à la décision prise par l'autorité compétente après examen des appareils, la loi, dans son article 9, édicte une peine plus forte contre le propriétaire ou chef d'entreprise qui a continué à faire naviguer un bateau à vapeur dont le permis a été suspendu ou retiré ; qu'il résulte de l'arrêt attaqué que le permis du *Gédéon-Coudert* avait été annulé à Alger et remplacé par une autorisation temporaire, dont l'expiration équivalait au retrait de tout permis ; que l'article 9 était donc applicable.

Par ces motifs, et attendu que l'arrêt est d'ailleurs régulier en la forme,

Rejette le pourvoi de N... contre l'arrêt de la cour d'appel d'Agen, en date du 13 novembre 1895 ; condamne par corps le demandeur à l'amende et aux dépens ; fixe au minimum la durée de la contrainte.

PERSONNEL.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ADMINISTRATION CENTRALE.

Décret en date du 29 juillet 1896. — **M. Rabel** (Paul-Camille-Alfred), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées de 1^{re} classe, est nommé Directeur du personnel et de la comptabilité au Ministère des travaux publics, à dater du 10 août 1896, en remplacement de **M. Henry** (Ernest), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, relevé de ses fonctions, sur sa demande, et chargé d'un arrondissement d'Inspection générale.

I. — Ingénieurs.

DÉCORATIONS.

Décret du 25 juillet 1896. — Sont promus ou nommés dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur, savoir :

Au grade d'Officier :

M. Villot, Inspecteur Général de 2^e classe.

Au grade de Chevalier :

M. Jacob, ingénieur ordinaire de 1^{re} classe.

CONGÉ RENOUVELABLE.

Arrêté du 9 juillet 1896. — **M. Bernard** (Maurice), Ingénieur ordinaire de 3^e classe, en congé renouvelable, au service de la Société des Mines et fonderies de la Caunette (Aude), est autorisé à se charger, pour le compte de la « Société commerciale et d'explorations de terrains miniers sur le territoire contesté de la

Guyane Française », d'une mission d'exploration dans le bassin aurifère de Carsivène.

M. Bernard continue d'être placé dans la situation de congé renouvelable.

DÉCISIONS DIVERSES.

Décision du 9 juillet 1896. — Sont admis à la 1^{re} classe les Élèves-Ingénieurs de 2^e classe dont les noms suivent, savoir :

MM. Bès de Berc,
Pourcel,
Bellanger,
Dussert,
Jordan (Paul).

Décision du 9 juillet. — Sont admis à la 2^e classe les Élèves-Ingénieurs de 3^e classe dont les noms suivent, savoir :

MM. Glasser (Édouard),
Solente,
Anglès-Dauriac,
Potiron de Boisfleury,
Leprince-Ringuet.

II. — Contrôleurs des mines.

AVANCEMENTS.

Arrêté du 28 juillet 1896. — Le traitement des Contrôleurs principaux ci-après désignés est porté de 3.400 francs à 3.800 francs, savoir :

MM. Yvart, — Orne, — Service ordinaire et Contrôle de l'Ouest.
Préchéy, — Haute-Marne, — Service ordinaire et Contrôle de l'Est.
Foucalt, — Ardennes, — Service ordinaire et Contrôle de l'Est.

Les Contrôleurs des mines ci-après désignés sont élevés, savoir :

De la 1^{re} classe au grade de Contrôleur principal :

MM. Watrin, — Ardennes, — Service ordinaire et Contrôle de l'Est.

Vollet, — Charente, — Service ordinaire et Contrôles de l'État et d'Orléans.

Hoclin, — Côte-d'Or, — Service ordinaire.

Cuvillier, — Seine, — Contrôle de l'Ouest.

De la 2^e classe à la 1^{re} classe :

MM. Jacquin, — Dordogne, — Service ordinaire et Contrôle d'Orléans.

Chaumier, — Seine, — Appareils à vapeur.

De la 3^e classe à la 2^e classe :

MM. Guillot, — Aveyron, — Service ordinaire et Contrôle du Midi.

Flandrin, — Seine-Inférieure, — Service ordinaire et Contrôle de l'Ouest.

Domergue, — Gard, — Service ordinaire.

Issartier, — Bouches-du-Rhône, — Contrôle de Paris-Lyon-Méditerranée.

Chaudoreille, — Constantine, — Service ordinaire et Contrôle des chemins de fer algériens.

De la 4^e classe à la 3^e classe :

MM. Vincent, — Loire, — Service ordinaire.

Portal, — Loire, — Service ordinaire.

Décatoire, — Pas-de-Calais, — Service ordinaire.

Soulages, — Loire, — Service ordinaire.

Vernhottes, — Aveyron, — Service ordinaire.

Pommier, — Puy-de-Dôme, — Service ordinaire et Contrôle d'Orléans.

Roux, — Pas-de-Calais, — Service ordinaire.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES.

Par décision du ministre des travaux publics en date du 28 juillet 1896, le Diplôme supérieur d'Ingénieur civil des Mines est accordé aux Élèves externes français et étrangers, sortant de l'École nationale supérieure des Mines, dont les noms suivent:

I. — Élèves français.

MM. Marillier, Waton, de Chambure, Tostivint, Desprès, Douchy, Signot, Bricard,	MM. Gerville-Réache, Grenet, Henry, Daydé, Warnod, Chapot, Breton, de France,	MM. Bouquerel, Saglio, Marmottan, Duportal, de Chaignon, Montet, Villot, Faure (Joannès).
--	--	--

II. — Élèves étrangers.

MM. Counas (Panos), **Feslañ**, **Maltezos**, **Negulici** et **Vassiliadi**.

CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.

Arrêté du 15 juillet 1896. — Sont nommés :

1^o Collaborateur principal au service de la carte géologique détaillée de la France :

M. Dollfus, Président de la Société géologique de France, actuellement Collaborateur adjoint ;

2^o Collaborateur adjoint :

M. Bizet, Conducteur principal des Ponts et Chaussées, actuellement Collaborateur auxiliaire ;

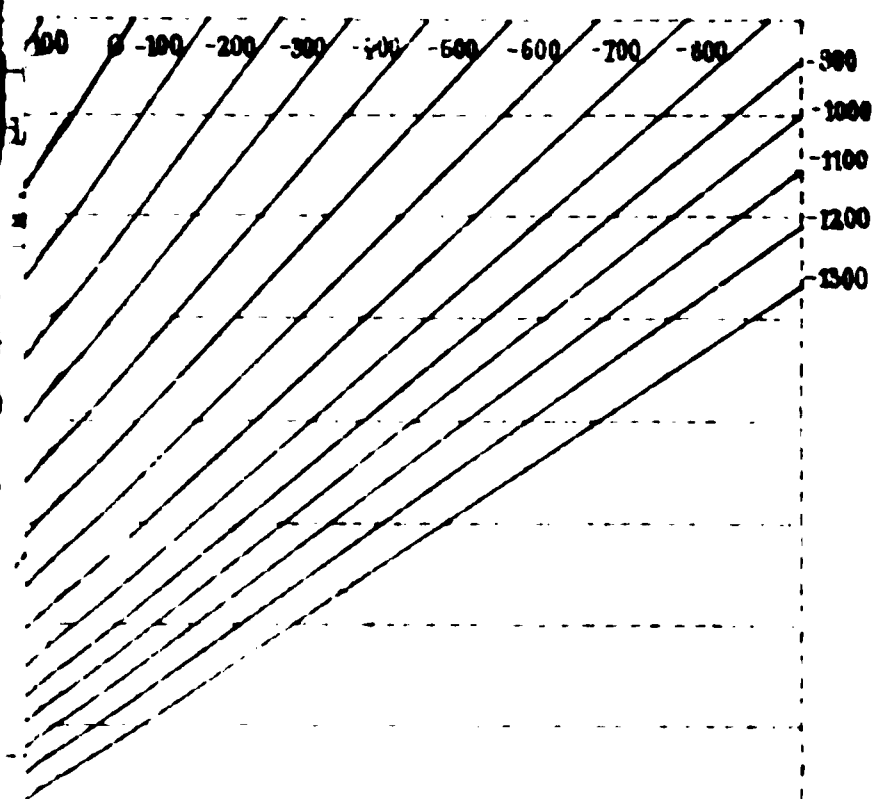
3^o Collaborateurs auxiliaires :

MM. Révil, Pharmacien à Chambéry ;

Sayn, Ingénieur civil des Mines à Montendre (Drôme) ;

Thévenin, Préparateur au Muséum d'histoire naturelle à Paris.

Pl. V.



1^{er} essieu

4^e essieu

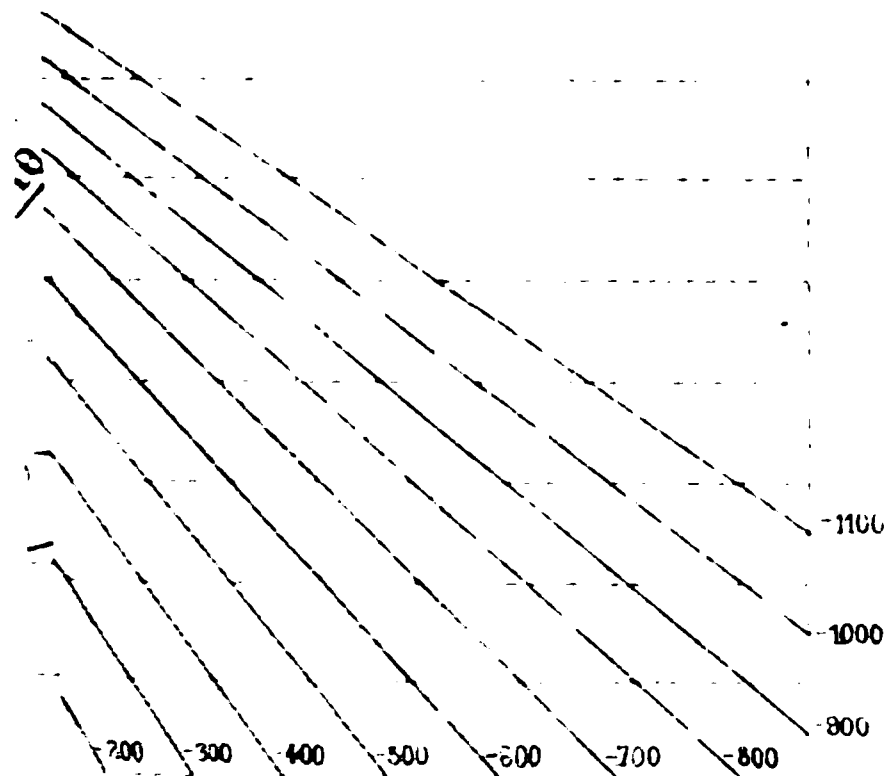


Fig. 2

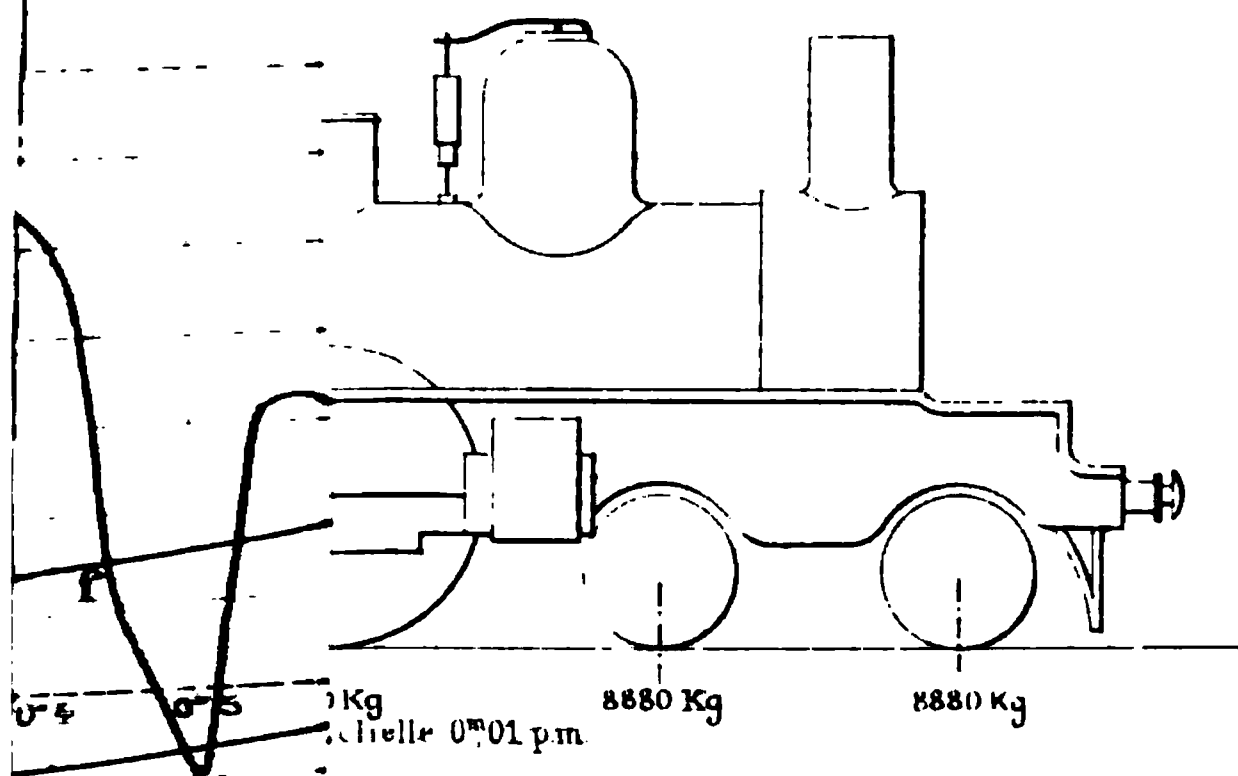
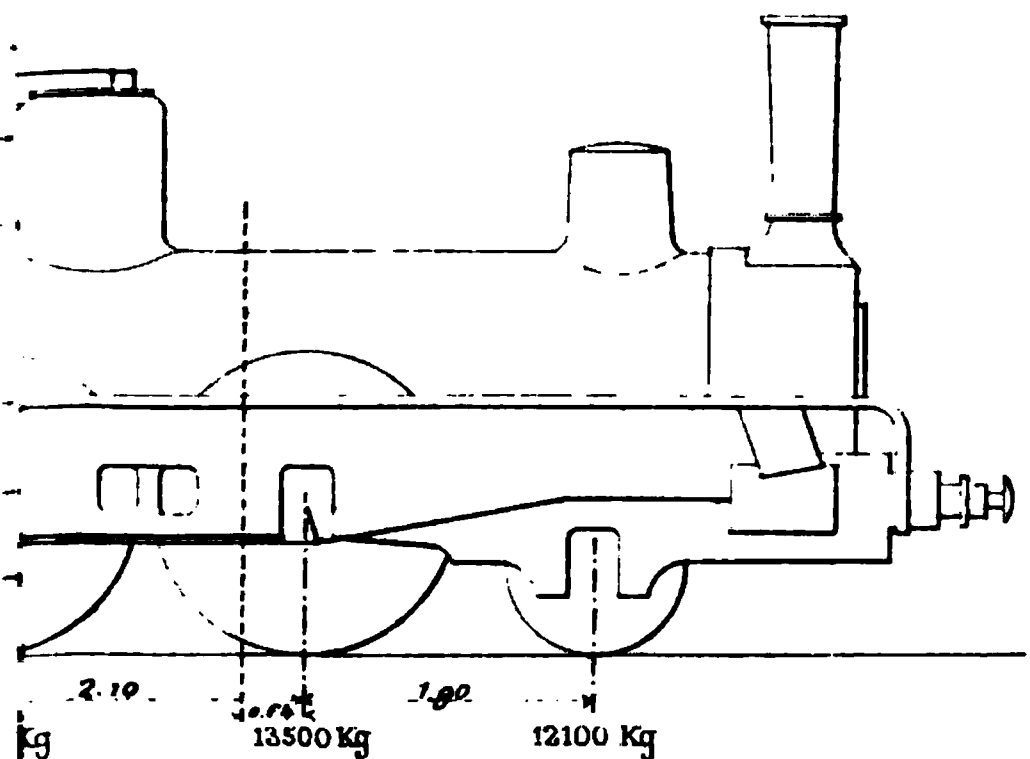
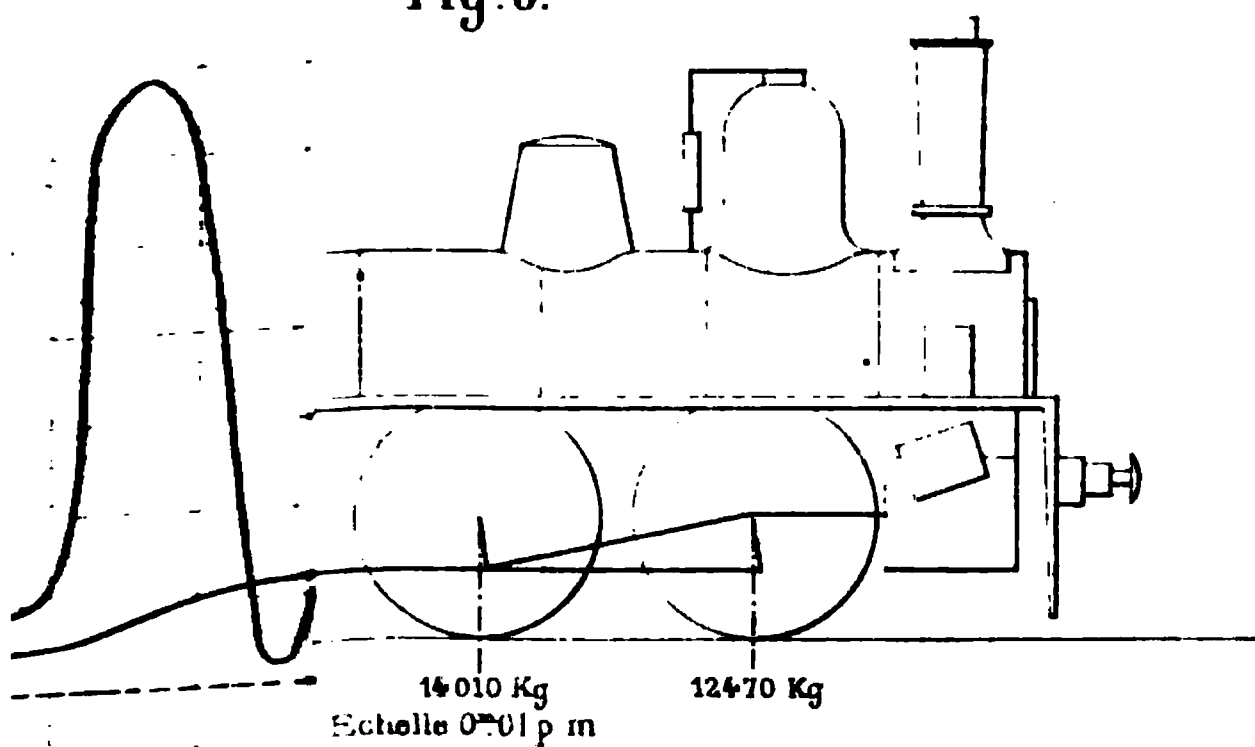


Fig. 3.



Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

**PÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
POMPES ET VENTILATEURS**

Moteur accouplé directement à une pompe

. & O. G. PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

MAGASIN D'EXPOSITION

47, rue Lafayette, 47

COMPAGNIE INTERNATIONALE

DES PROCÉDÉS ADOLPHE SEIGLE

ÉCLAIRAGE, CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE PAR LES HYDROCARBURES LOURDS

CHAUDIÈRES MARINES — MOTEURS FIXES
GÉNÉRATEURS DE VAPEUR POUR TRAMWAYS, VOITURES AUTOMOBILES,
EMBARCATIONS DE PLAISANCE, ETC.

SOCIÉTÉ ANONYME. CAPITAL : 2 MILLIONS
ADMINISTRATION CENTRALE : 147, rue de Courcelles, PARIS

ÉCLAIRAGE ÉCONOMIQUE

DES FORGES, FONDERIES, LAMINOIRS, MINES, CHANTIERS, ETC.



COMIE DE 50 A 80 O/O
sur tous les autres systèmes d'éclairage.

LOCATION ET VENTE CONDITIONNELLE DES APPAREILS
Demander les renseignements à l'Administration centrale.

PAR LES

GAZÉIFICATEURS ADOLPHE SEIGLE

(Brevetés en Europe et en Amérique).

Appareils simples, robustes et portatifs
donnant avec les huiles lourdes de goudron et autres hydrocarbures à bas
marché,

même par les plus grands vents
et la pluie

un énorme foyer de grande intensité
lumineuse et absolument sans odeur
fumée.

ADOPTÉS PAR LES MINISTÈRES DE LA GUERRE
ET DE LA MARINE,

LES PONTS ET CHAUSSÉES

LES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER

LES GRANDES ENTREPRISES DE TRAVAIL

ET LES GRANDES INDUSTRIES DE FRANCE

ET DE L'ÉTRANGER.

C^{IE} DES MOTEURS UNIVERSELS

EXPOSITION DE ROUEN 1896. — MÉDAILLE D'OR

Système Grob, breveté S. G. D. G.

18 - 56, rue Lafayette, 56 - PARIS

SÉCURITÉ

Les seuls fonctionnant sans reproche au
pétrole d'éclairage ordinaire
et sans carburateur.

PLUS DE 3,500 MOTEURS EN MARCHÉ

Consommation de pétrole, environ un demi-litre par cheval-heure

57 Médailles d'Or et d'Argent. — Toute garantie.

COMPAGNIE FRANÇAISE

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

THOMSON - HOUSTON

CAPITAL: 5.000.000 DE FRANCS

Transmission de l'Énergie à grande distance

PAR COURANTS TRIPHASÉS

TRANSFORMATEURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

Convertisseurs de courant triphasé en courant continu

TRACTION ÉLECTRIQUE

EN EUROPE: Le Havre. — Lyon. — Rouen. — Bordeaux. — Roubaix
Tourcoing — Le Raincy — Milan. — Varese. — Rome. — Porto
Selles. — Belgrade. — Dublin. — Bristol. — Leeds. — Gotha. — Brême. — Hambourg. — Erfurt
Hemscheld. — Barmen. — Elbing. — Munich. — Elberfeld. — Wiesbaden

EN SERVICE

DANS LE MONDE ENTIER

100 kilomètres de ligne

23.000 voitures



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES À ROTATION et À PERCUSSION

HACHEUSES

Locomotives bases pour mines

PARIS, 27, Rue de Londres, PARIS

EXPLICATION DES PLANCHES.

SEPTEMBRE.

Pl. V et VI. — Théorie de la stabilité des locomotives.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME X.

10^{me} LIVRAISON DE 1896.

PARIS

V^{re} CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

c 1896

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE POUR LA FABRICATION DE LA DYNAMITE *Procédés A. NOBEL*

Paris, 1889 — Deux Médailles d'Or

Seule Médaille d'Or décernée en 1889 pour la Dynamite

SIÈGE SOCIAL : Place Vendôme, PARIS

USINES { à Paulilles, près Port-Vendres (Pyrénées-Orientales).
 { à Ablon, près Honfleur (Calvados).

Dynamite-Gomme, pour roches très dures. — Dynamite, n° 1 guhr, n° 1 gélatinée, à l'ammoniaque, pour roches dures. — Dynamite, n° 0, pour travaux sous l'eau. — Mèches, n° 2 et n° 3, pour terrains moins résistants.

Explosifs spéciaux pour charbonnages grisouteux (Décret du 1^{er} août 1890)

Grisoutine-Gomme pour travaux au rocher. — Grisoutine B pour travaux dans le p.

Reches de mineurs. — Capsules pour Dynamite. — Amorces, Câbles, Fils et Appareils électriques pour sautage des mines. — Marmites suédoises ou Seaux à dégeler la Dynamite.

La Correspondance doit être adressée au SIÈGE SOCIAL

TÉLÉPHONE

SOCIÉTÉ ANONYME

TÉLÉPHONE

EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital : 2.000.000 de francs

19, rue Louis-le-Grand, 19, PARIS

USINES :

MONT-MARTIN-DE-GRAU

SAINT-ÉTIENNE

DYNAMITES,

GOMMES ET GRISOULTINES

MÈCHES

DÉTONATEURS, CÂBLES

FILS

ET APPAREILS ÉLECTRIQUES

L'ÉCRITURE

... adressée au Siège social, 19, rue Louis-le-Grand.

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889
2 MÉDAILLES D'OR
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MATÉRIEL ^{POUR} MINES

VENTILATEURS syst. GENESTE-HERSCHER

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR MINES, FORGES, FONDERIES, SOUFFLAGE SOUS GRILLES, ETC.

**RENDMENT GARANTI SUPÉRIEUR A CELUI
DE N'IMPORTE QUEL APPAREIL SIMILAIRE
CONNU A CE JOUR.**

COMPRESSEURS D'AIR A SOUPAPES A INJECTION

Compresseurs d'air, syst. Burckhardt et Weiss à sec.

APPAREILS A AIR COMPRIMÉ

PERFORATEURS ET BOSSEYEUSES

Syst. DUBOIS & FRANÇOIS. — Breveté S. G. D. G.

HAVEUSE BLANZY

TREUILS ^{POUR} EXTRACTION ^{ET} FONÇAGE

A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ ET ÉLECTRIQUES

5 types différents

MACHINES D'EXTRACTION ET TREUILS DE SECOURS
TREUILS MUS PAR TURBINES.

POMPES FRANÇAISES A ACTION DIRECTE

POMPES A COURROIES

Pompes Hélico-Centrifuges. Système MAGNET & PINETTE

POMPES ÉLEVATOIRES

POUR ÉPUISEMENTS DANS LES MINES, ÉLEVATION D'EAU
pour Villes et Usines, etc.

Nombreuses Références. — La machine d'épuisement fournie aux houillères de Rochebelle, est comprise pour élever 100 mètres cubes à l'heure à une hauteur totale de 250 mètres d'un seul jet ; son poids a dépassé 40.000 kilos.

CRIBLE GIRATOIRE SYST. COXE, B^{TE} S. G. D. G.

POUR HOUILLES, MINERAIS, ETC., ETC.

PRODUCTION CONSIDÉRABLE DANS UN APPAREIL DE DIMENSIONS RESTREINTES

CASSE-COKE — CASSE-CHARBON — CHAINES A GODETS

LAVOIRS, TRIAGES, CRIBLAGES, DESCHISTAGI

TRAINAGES MÉCANIQUES, VAGONNETS ET VOIES PORTATI

CHEVALEMENTS MÉTALLIQUES, CHARPENTES EN FER, MOLLETT

Cages d'Extraction Fer ou Acier avec Parach

PALERS A ROTULES ROQUEL, ÉVITANT LE FROTTEMENT DES CABLES SUR LES JOUES DE

MACHINES & CHAUDIÈRES A VAPEUR
LOCOMOBILES, TRANSMISSIONS, GROSSE CHAUDRON

DEVIS, ÉTUDES D'INSTALLATIONS, |

CATALOGUES SUR DEMAND

MAISON FONDÉE EN 1830

Personnel — 250 Ouvriers

(FRANCE)

CHAILON-S-SAONE

*
C. PINETTE

RÉFILERIE & CORDERIE MÉCANIQUES

DE LA

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS

LARIVIÈRE & C^{IE}**CH. FOUINAT****TÉLÉPHONE****170, Quai Jemmapes, PARIS****TÉLÉPHONE****CORDAGES MÉTALLIQUES RONDS & PLATS
EN FER, ACIER, CUIVRE**

*Pour Mines, Carrières, Houillères, Plans inclinés, Cabestans, Appareils à lever,
Manœuvres courantes et dormantes de marine et de batellerie,
Transmission de force motrice, Signaux, Horlogerie, Paratonnerres, Puits, Clôtures*

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889**Membre du Jury — Hors Concours****DEUX GRANDS PRIX: ANVERS 1894****ENVOI FRANCO DE TOUS RENSEIGNEMENTS****C^{IE} FRANÇAISE DES MÉTAUX**Société anonyme au capital de **25** millions de francsSiège social : 10, rue Volney. — **PARIS****USINES :**

Deville-lès-Rouen (Seine-Inf.), **Castelsarrazin** (Tarn-et-Garonne), **Sérifontaine** (Oise),
Givet (Ardennes), **Bornel** (Oise), **Saint-Denis** (Seine) et **Paris**, rue Vieille-du-Temple, 76

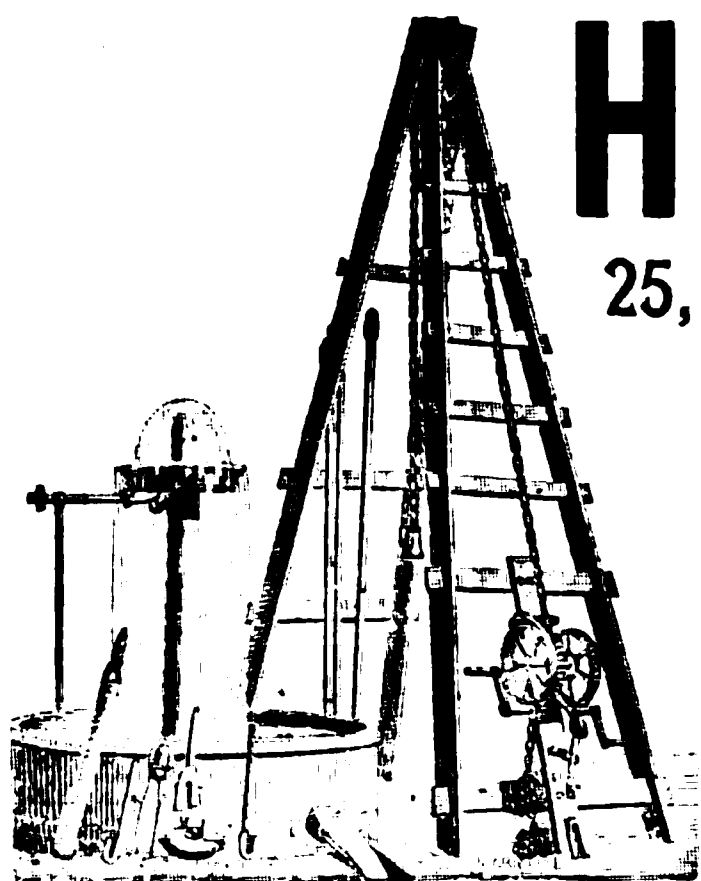
FONDERIE, LAMINAGE, ÉTIRAGE, EMBOUTISSAGE & TRÉFILERIE
*de Cuivre, Laiton, Plomb, Étain, Zinc, Nickel, Mallechort, etc.***TUBES EN CUIVRE ROUGE ET LAITON SOUDÉS ET ÉTIRÉS****TUBES GRAVÉS POUR HORLOGERIE, OPTIQUE, ORNEMENTS D'ÉGLISES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE**

*Plomb de tous genres pour l'ébénisterie et l'ameublement. Appareils de stéarinerie et de sucrerie. Fils en
laiton demi-rouge, laiton et mallechort. Cuivre rouge et laiton en lingots et en barres*

Faibles monnaies en cuivre rouge, bronze, mallechort et nickel

TUBES EN CUIVRE ROUGE POUR FOYERS DE LOCOMOTIVES**et grains de lumière pour canons. — Ceintures de projectiles***en cuivre rouge sans soudure. Rouleaux en cuivre pour impression***BOIS ET EN FEUILLES POUR CHOCOLATERS, PARFUMEURS ET AUTRES USAGES***Bois, en tables et en tuyaux: Tuyaux en plomb doublés d'étain***ES SANS SOUDURES, POUR CHAUDIÈRES ET CONDUITES A HAUTE PRESSION****QUALITÉ DE TUBES MINCES, LÉGERS ET SOLIDES****Construction des CYCLES, BICYCLETTES, TRICYCLES, ETC., ETC.****Armes (brevets SERVE). — Enveloppes d'obus en acier****TUBES ET FILS MAILLECHORT ET NICKEL POUR TOUS USAGES****et de bronze de haute conductibilité pour usages électriques**

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDES



H. BECOT

Ing^r

A. C.

25, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGRADES

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel,

PUITS ARTÉSIENS, Puits absorbants

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS

CAPTAGE DE SOURCES

VENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDES
Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

Fonderie et Fonderie Industrielle

MÉDAILLE D'ARGENT 1893
 ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION
 ET INSTALLATION D'USINES

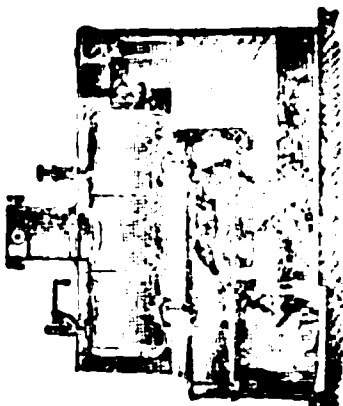
MÉDAILLE DE VERMEIL 1893
 CHEMINÉES EN BRIQUES ET EN TÔLE

CHAUDRONNERIE EN FER ET EN CUIVRE EN TOUS GENRES

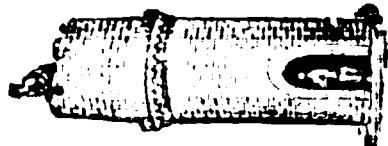
RÉPARATIONS, PIQUAGE ET NETTOYAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DE TOUS SYSTÈMES

PRÉPARATION DES ÉPREUVES DÉCENNALES DES APPAREILS A VAPEUR

NOUVEAU SYSTÈME DE FOYER MÉTALLIQUE ET APPAREIL FUMIVORE BREVETÉ S. G. D. G.



TÉLÉPHONE



TÉLÉPHONE

MIN D'ÉROCHE

21, rue Labois-Rouillon, PARIS

Massifs de Machines, Fournitures pour Usines

RÉSERVOIRS EN CIMENT, EN TÔLE, ETC.

Fours pour toutes Industries

Applications générales de l'électricité. — Installations particulières
 PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

MAISON FONDÉE EN 1858

L. DUMONT

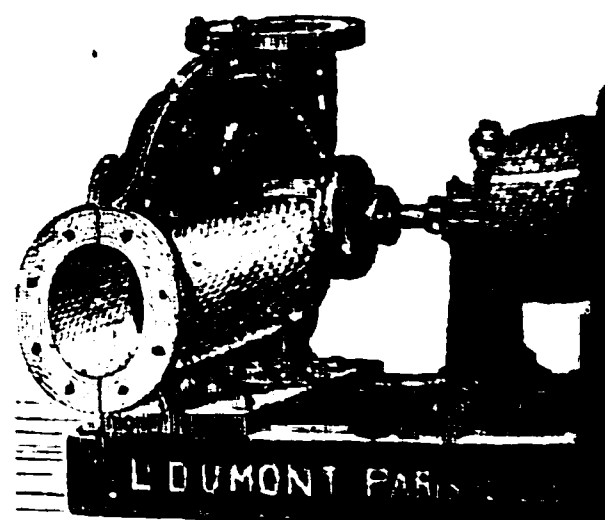
PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue de la Liberté

POMPES CENTRALES

MÉDAILLE D'OR

EXPOSITION UNIVERSELLE



L. DUMONT PARIS

APPLICABLE AUX MANUFACTURES

ET POUR TRAVAUX D'ÉPIURAGE

POMPES, CONJUGUÉES POUR GRANDES

SUPÉRIORITÉ

8.500 APP

AT

Envoi franco

télé

DAVIDOL, INGENIEUR CONSTRUCTEUR
, 144, Boulevard de la Villette, 144, PARIS



21 JOURS SPÉCIAUX

IS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

...P AND ADAMANT FINCHES at the ADAMANT DOWNHILL.

MAÇONNERIE ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES

Entreprises pour la France et l'Étranger

MORAND & BILLAUD

Ingénieurs-Constructeurs

TÉLÉPHONE

PARIS, 51, rue de Lyon, PARIS

TÉLÉPHONE

Construction de

CHEMINÉES EN BRIQUES, FOURNEAUX DE CHAUDIÈRES À VAPEUR,
GAZOGÈNES, RÉCUPÉRATEURS,

ET FOURS DE TOUS SYSTÈMES POUR LA MÉTALLURGIE

BRIQUETERIES, SUCRERIES, RAFFINERIES, FAÏENCERIES, VERRERIES, ETC.

Four au gaz à recueillir à renversement syst. (HARNAU Br. S. G. D. G.)

50 0 0 D'ÉCONOMIE SUR TOUS LES FOURS À RÉCUPÉRATION

ÉTUDES ET PLANS D'INSTALLATIONS D'USINES

EXPOSITION DE BORDEAUX

1895

Diplôme d'honneur



Médaille d'or

1894

EXPOSITION DE PARIS

EXPLOSIFS FAVIL

de la Société française des Poudres de

62, Rue de Provence, PARIS

EMPLAÇANT TOUS EXPLOSIFS COMM.

Innocuité et sécurité absolue

ETABLISSEMENTS GENESTE, HERSCHER & C^{IE}

MAISON PRINCIPALE A PARIS, 42, RUE DU CHEMIN-VERT

Usine à Creil — Succursale à Bruxelles

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889 : FRANCE : 3 GRANDS PRIX
BELGIQUE : 1 GRAND PRIX
EXPOSITIONS DE LYON 1891 : GRAND PRIX
D'ANTWERP 1894 : 4 GRANDS PRIX

VENTILATEURS DE MINES

Rendement dépassant 85 0 0

Collection complète de Ventilateurs pour Fonderies, Forges, Navires, Ateliers,
Ventilation, etc.

Dispositions spéciales pour être actionnés par moteurs à vapeur,
hydrauliques, électriques, air comprimé, etc., etc.

Petits Ventilateurs à bras pour galeries de recherches ou autres.

APPLICATIONS DU GÉNIE SANITAIRE

Ventilation mécanique, Chauffage à vapeur, à eau chaude, etc. Projets,
Construction d'appareils et installations

Assainissement des Villes et des Habitations

Étude, Fabrication et Fournitures d'Appareils

DÉSINFECTION

Matériel sanitaire pour combattre la transmission et la propagation des épidémies.

- Etuves à désinfection fixes et locomobiles par la vapeur sous pression

- Pulvérisateurs pour la désinfection des parois et celle des objets ne pouvant
supporter l'action de la chaleur. Appareils à stériliser l'eau

(Système Rouart, Geneste, Herscher), produisant de l'eau débarrassée de tout microbe,
potable et digestive

LABORATOIRE CENTRAL DE CHIMIE

61, rue de l'Arcade et 11, rue de Rome en face la gare St-Lazare,

ANALYSES MINÉRALES

A. GIRARD

Ingénieur-Chimiste

Minerais de fer, d'or
d'argent, etc.

Fontes, aciers, fers
Aluminium, cuivre
Zinc, nickel, etc.

LE PRATICIEN INDUSTRIEL JOURNAL

Par Demandes et par Réponses

PARAISANT TOUTS LES 15 JOURS

ABONNEMENT ANNUEL

France et Etranger, 10 fr.

NUMÉRO SPÉCIMEN SUR DEMANDE



EXPENTES, Couv.

100, rue Lamarche, PARIS.

succès
de
6 ANS

CARBONYLE

plus efficace et moins cher que gazouren, coaltar, etc.
maison de France
MAISON DU CARBONYLE, 188, 190, Boulevard Saint Denis, Paris.
L'usine est spécialisée dans la production

SOCIÉTÉ ANONYME

HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MIN

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET CHAUX

MACHINE A BRIQUETTES

Simple, Robuste et peu coûteuse

PRODUISANT À VOLONTÉ DES

BRIQUETTES PLEINES OU PERFORÉES

Pression élastique. — Cohésion

Agglomération de minerais de fer ou de manganèse, de pyrites ou autres matières à l'usage des hauts fourneaux, etc., etc.

MACHINE A BOULETS

PLEINS OU PERFORÉS

250 000 BOULETS DE HOLLANDE,

PLEINS OU PERFORÉS PAR JOUR

L'Agglomération sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons malgré la calcination des minerais.

Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 11 heures à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à Briquettes pour chemins de fer et chauffage

BROYEURS-PULVÉRISATEURS, broyage par percussion, engrais, Charbons, Minerais.

BROYEURS À MEULES, broyage et malaxage de matières que conques.

CRIBLES ROTATIFS ou À SECOUSSÉS, classement des matières sèches

LAVOIRS À BRAS OU À VAPEUR, classement par densité. Lavage des houilles

MACHINES À BRIQUES, levier pour terre ferme et demi-ferme 6 à 7 000 par jour

MACHINE À AGGLOMÉRER à pression simple ou double sur deux faces, pour ciment, sucre

FOURS SÈCHEURS, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEMENT

MALAXEURS, ETC., ETC.

h. DUPUY et FILS

CONSTRUCTEURS D'OR

— PARIS 4 MÉDAILLES D'OR

RÉGULATEURS

ORGANES DE RÉGLAGE ET VOLANTS DES MACHINES

THÉORIE DE LA CORRÉLATION DE CES APPAREILS ENTRE EUX (*)

Par M. GEORGES MARIÉ,

Ingénieur chef de division de la Compagnie P.-L.-M., en retraite.

Introduction.

Depuis longtemps déjà plusieurs savants et ingénieurs ont étudié théoriquement les régulateurs à force centrifuge considérés isolément ; comme application de ces études on a même essayé d'adapter aux machines à vapeur des régulateurs isochrones ; mais on n'a pas tardé à reconnaître que les régulateurs isochrones ne pouvaient convenir dans la pratique, à cause de leur instabilité. On ne possédait cependant à ce sujet que des théories très incomplètes, n'abordant que certains côtés de la question.

Frappé de l'insuffisance des théories existantes, j'étudiai la question et je publiai dans les *Annales des Mines*, il y a dix-huit ans, un mémoire intitulé : *Étude comparée des régulateurs de vitesse, de pression, de température et des régulateurs de toutes sortes* (**). Dans ce mémoire je donnai la théorie des régulateurs à force centrifuge,

(*) Mémoire couronné par l'Académie des Sciences (V. *Ann. des Mines*, vol. de 1895 [partie administrative], p. 545).

(**) *Annales des Mines*, 7^e sér., t. XIV, 1878, p. 450 et suiv.

avec quelques études nouvelles, notamment sur le régulateur de Farcot. Puis, je posai les bases de ma théorie de la corrélation entre le régulateur, les organes de réglage et le volant, sous le titre : *Régulateurs à maximum et minimum*. C'était une étude partie théorique et partie empirique de la question. Mais, dans cette étude, tout en signalant les différentes perturbations possibles de la marche du régulateur, je n'avais pas pu aborder toutes les questions par le calcul. Il en résulte qu'après avoir examiné la question au point de vue théorique je donnai comme conclusion des règles encore en partie empiriques. Dans la même étude je donnai la théorie complète de la corrélation entre le régulateur, les organes de réglage et le volant dans les régulateurs à embrayages, système dont j'ai montré les inconvénients sérieux. Enfin, j'étudiai les régulateurs de pression à haute pression ou détendeurs, puis les régulateurs à basse pression, employés dans les distributions de gaz d'éclairage, les régulateurs de température, etc..., toujours d'après les mêmes principes. Pour les régulateurs de vitesse, j'ai montré que les régulateurs *isochrones* ne pouvaient s'employer qu'avec un volant infini, qui n'existe pas dans la pratique, et que les régulateurs doivent être d'autant moins sensibles que le volant est plus petit, eu égard à la puissance de la machine ; le but principal de ce mémoire était donc de déterminer la relation qui doit exister entre la sensibilité du régulateur, la masse du volant et la disposition des organes de réglage, de manière à obtenir la meilleure régularité possible, tout en évitant les oscillations du régulateur. désastreuses à tous les points de vue. Ce mémoire de 1878 a rendu, je crois, des services dans l'industrie (*).

Quelques années après, j'eus l'occasion de constater que

(*) Voir à ce sujet un mémoire de M. Compère, ingénieur directeur de l'Association parisienne des appareils à vapeur (*Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, janvier 1893).

les régulateurs à valve étaient généralement mal établis et qu'ils peuvent, le plus souvent, subir de notables améliorations. Je constatai qu'on pouvait obtenir une excellente régularisation, avec les régulateurs à valve, en munissant la valve d'une garniture métallique connue et en employant certains tours de main usités depuis longtemps dans certains ateliers. A la suite d'un certain nombre d'observations, de recherches et d'expériences, je publiai, dans les *Annales des Mines*, mon deuxième mémoire, intitulé : *Les régulateurs de vitesse* (*).

Dans ce mémoire, je donnai toutes les indications pratiques nécessaires pour la construction des valves et la description d'une nouvelle soupape destinée à être employée surtout pour les machines de faible puissance. En même temps, j'étudiai à nouveau, dans le même mémoire, la question de la corrélation entre le régulateur, les organes de réglage et le volant, en donnant de nouvelles formules, encore en partie empiriques, mais plus théoriques que mes formules de 1879. Ces formules sont d'un emploi facile et sûr. En s'y conformant, on obtient de très bons résultats, comme j'ai eu l'occasion de le constater moi-même dans la pratique. En résumé, dans ce second mémoire, je crois avoir réussi à réhabiliter les régulateurs à valve et à montrer qu'en suivant mes indications on pouvait s'en servir pour régler la marche des machines dans les cas les plus difficiles, comme, par exemple, dans le cas d'un éclairage électrique par incandescence.

J'avais continué, depuis 1887, à perfectionner mes études sur les régulateurs, lorsque l'Académie des Sciences mit au concours la question suivante pour le prix Fourneyron de 1895 : *Perfectionnement de la théorie de la corrélation entre le volant et le régulateur*. — Je n'hésitai pas alors à soumettre au concours

(*) *Annales des Mines*, 8^e sér., t. XII, 1887, p. 193 et suiv.

mes deux anciens mémoires précités, en y ajoutant un troisième mémoire, spécialement rédigé pour l'Académie et répondant plus exactement à la question que les deux premiers. Mes nouvelles recherches me permettaient, en effet, de calculer complètement le régulateur, les organes de réglage et le volant et leur corrélation, en me basant uniquement sur une théorie nouvelle ; c'est dans cet esprit que j'ai rédigé mon mémoire de mai 1895, présenté à l'Académie. Il est basé, je le répète, uniquement sur des calculs et n'emprunte plus rien à des règles empiriques. Ce sont des calculs approchés, il est vrai, mais du même ordre d'exactitude que ceux que les ingénieurs emploient pour calculer les ponts, les pièces de machines, etc...

L'Académie des Sciences a décerné le prix Fourneyron, en en doublant la valeur en vue du partage, concurremment à l'ensemble de mes trois mémoires, d'une part, et, d'autre part, au mémoire sur la même question présenté par M. Lecornu, Ingénieur en chef au corps des Mines, répétiteur à l'École Polytechnique.

Le travail qui va suivre est la reproduction de mon mémoire de mai 1895, présenté à l'Académie des Sciences ; j'y ai ajouté au début quelques notions pouvant permettre au lecteur de le comprendre sans prendre connaissance de mes deux anciens mémoires. Je l'ai complété un peu partout par quelques explications, pour rendre la théorie moins abstraite ; j'ai donné des applications nouvelles aux régulateurs d'Andrade, de Proëll et de Tangye, pour montrer quel usage on pouvait faire de mes formules générales ; enfin, j'ai ajouté des considérations sur le choix du régulateur à faire suivant les cas. J'ai abrégé seulement la partie relative aux régulateurs de pression et de température. Ainsi complété, le mémoire répond bien, je crois, au titre que je lui ai donné. Ce mémoire, tout en étant basé uniquement sur des principes théoriques

pousse l'étude de chaque question jusqu'à la détermination minutieuse, par le calcul, des dimensions pratiques des organes étudiés. Tous les calculs et les formules sont simples, quoique basés sur des considérations quelquefois un peu difficiles ; les applications numériques peuvent se faire en quelques instants.

C'est donc essentiellement un travail destiné aux ingénieurs et leur permettant d'étudier, rapidement et dans leurs détails pratiques, les régulateurs, les volants, les distributions variables, les valves et les soupapes.

Le but de ce mémoire n'est pas de conseiller l'adoption de tel ou tel régulateur nouveau pour abandonner ceux qui existent ; je fais voir, au contraire, que l'on peut faire de notables progrès dans la régularisation des machines en employant les appareils existants, à condition de les calculer comme il convient ; je fais voir cependant que, dans bien des cas, l'on aura intérêt à employer des régulateurs à ressorts plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, si l'on tient à réduire le poids du volant.

Définitions et préliminaires.

Dans l'étude qui va suivre, je me propose d'étudier tous les organes des machines à vapeur qui concourent à assurer à la machine une vitesse constante, ou sensiblement constante, malgré les variations du travail moteur et du travail résistant ; cette étude est ce qu'on appelle quelquefois *l'étude de la régulation* des machines à vapeur.

Je diviserai ces organes en trois parties : le *régulateur*, le *rolant*, et les *organes de réglage*.

On appelle *régulateur de vitesse*, ou simplement *régulateur*, l'organe des machines à vapeur dont une partie appelée *manchon* est une fonction de la vitesse de rota-

tion de la machine. Le manchon est relié soit directement, soit indirectement, à un organe qui est capable de faire varier le travail moteur ; cet organe se compose d'une distribution variable ou d'une valve ou soupape.

Sur l'arbre de la machine se trouve le *volant*, ou masse en mouvement, qui contient à tout moment une certaine provision de force vive pour parer aux variations instantanées du travail moteur et du travail résistant, en attendant que le régulateur ait le temps d'agir.

Nous appellerons *frein* un organe qui est destiné à amortir certaines oscillations du régulateur. Il se compose parfois d'un organe distinct, *frein à huile* ou *cataracte* ; parfois, au contraire, il est constitué par le frottement des articulations et des garnitures, comme dans les régulateurs à valve ; dans tous les cas, cet organe a une grande importance comme on le verra.

Nous appellerons organes de réglage l'ensemble des trois organes suivants :

La distribution variable, ou la valve, suivant les cas ;

Les organes de transmission, ou bielles, leviers allant du manchon du régulateur à la distribution variable, ou valve ;

Le frein.

L'étude *du régulateur, des trois organes de réglage ci-dessus définis et du volant*, constitue l'étude complète des organes qui assurent à une machine à vapeur une vitesse constante.

Non seulement il faut étudier séparément chacun de ces organes, mais il est, de plus, essentiel de connaître la corrélation qui doit exister entre eux, et c'est ce qu'on ne fait pas dans l'immense majorité des cas. On calcule, en général, le volant d'après les vieilles règles de Coriolis ou du général Morin, que j'étudierai sous le nom de perturbations du premier genre ; puis, on choisit un régulateur stable, isochrone ou sensiblement isochrone, suivant

les goûts et sans se baser sur aucun calcul ; enfin, on place à côté du régulateur un frein à huile pour amortir les oscillations, et l'on croit arriver à la perfection en réglant *à la main* ce frein à huile. Avec cette manière d'opérer, on obtient des résultats satisfaisants, si le hasard fait que le régulateur soit assez stable, et mauvais, s'il est trop sensible eu égard à l'organe de réglage et au volant ; je montrerai que le frein n'est nullement capable de compenser les défauts d'un régulateur, s'il est trop sensible, comme on le croit généralement ; je montrerai que le poids du volant doit dépendre de la sensibilité du régulateur et des organes de réglage ; si le volant est trop faible, le frein à huile, je le répète, ne peut nullement compenser la trop grande sensibilité du régulateur. Je montrerai que, dans ce cas, un frein à huile peu puissant n'empêche pas les oscillations rapides du régulateur et de la vitesse et qu'un frein puissant a pour effet de les transformer en oscillations lentes avec variations énormes de la vitesse.

En résumé, il est impossible de régler une machine à vapeur sans étudier la corrélation intime qui doit exister entre le régulateur, les trois organes de réglage définis comme ci-dessus et le volant.

Cette corrélation est étudiée d'une façon complète dans l'étude qui va suivre en se basant uniquement sur des principes théoriques.

Dans toute cette étude je prendrai pour unités, à moins d'une indication contraire, le mètre, le kilogramme et la seconde. Cette remarque a une importance capitale pour l'application de toutes mes formules.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTUDE DES APPAREILS RÉGULATEURS DE VITESSE
A FORCE CENTRIFUGE.

I. — § 1. — PRINCIPES GÉNÉRAUX.

Dans l'étude de chaque régulateur de vitesse, considéré en lui-même, indépendamment du volant et des organes de réglage, il y a deux problèmes à résoudre.

1° Il faut étudier la loi de variation de la vitesse angulaire du régulateur en fonction du déplacement du manchon. Cette loi étant connue, on construit la courbe AB (Pl. VII, *fig.* 1), dans laquelle les abscisses représentent les distances l du manchon au sommet du régulateur, et les ordonnées représentent les vitesses angulaires correspondantes.

Cette courbe étant construite par points, je suppose que les points C' et D' correspondent aux positions extrêmes du manchon du régulateur avec la course utilisée. En menant par C' et D' des verticales, elles rencontrent en C et D la courbe AB ; en menant ensuite les horizontales CC'' et DD'', on voit que les longueurs OC'' et OD'' représentent les valeurs de la vitesse angulaire ω correspondant aux positions extrêmes du manchon, avec la course utilisée. Si je désigne par ω_1 la vitesse angulaire correspondant à la position inférieure du manchon, et par ω_2 la vitesse angulaire correspondant à la partie supérieure, le rapport

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2}\right)}$$

est ce que j'appelle l'*écart relatif de vitesse* du régula-

teur pour la course utilisée du manchon. Plus la courbe AB est inclinée par rapport à l'horizontale, plus le régulateur est stable. Quand la courbe AB est horizontale ou presque horizontale (Pl. VII, *fig.* 2), on dit que le régulateur est *isochrone* ou sensiblement isochrone. Quelquefois, la loi de variation de la vitesse angulaire du régulateur en fonction du déplacement du manchon est trop compliquée ; on trace alors la courbe représentant les valeurs de la vitesse angulaire en fonction d'une autre variable connue, par exemple l'angle d'une bielle du régulateur avec l'axe vertical ; nous en trouverons un exemple dans l'étude du régulateur de Farcot.

2° Le deuxième problème à résoudre est le suivant : Lorsque le régulateur doit vaincre une certaine résistance, pour mettre en mouvement l'organe de réglage, il en résulte une modification de la vitesse de régime correspondant à chaque position du manchon.

Le problème consiste à déterminer les masses des boules et contrepoids du régulateur, ou la *puissance du régulateur*, de telle façon que la modification de la vitesse de régime soit inférieure à une limite donnée. Si je désigne par F la valeur de la résistance, évaluée au manchon, par ω la vitesse angulaire du régulateur pour la position considérée du manchon, sans que F agisse, et par $d\omega$ la variation de la vitesse angulaire due à l'influence de F , le rapport $\frac{d\omega}{\omega}$ est ce que j'appelle la *perturbation relative de vitesse* due à la résistance F .

Beaucoup de savants et d'ingénieurs ont étudié les régulateurs à ces deux points de vue et souvent en recherchant les régulateurs isochrones ; nous citerons entre autres : MM. Rolland, membre de l'Institut (*Journal de l'École Polytechnique*, XLIII^e cahier) ; Yvon-Villarceau, membre de l'Institut (Académie des sciences, 10 juin 1872) ; Résal, membre de l'Institut (*Mécanique générale*) ;

M. Dwelsauwers-Déry (Liège, imprimerie Dosser, 1877); Professor Rankine (*The Steam Engine*); Léauté, membre de l'Institut (*Journal de l'École Polytechnique*, XLVII^e cahier, 1880); Haton de la Goupillière, membre de l'Institut (V. le *Traité des Machines à vapeur* de MM. Alheilig et Roche, p. 50 et suivantes, 1895); Compère, Ingénieur-Directeur de l'Association parisienne des appareils à vapeur (mémoire déjà cité); etc.

II. — RÉGULATEURS DE VITESSE A BOULES ET A POIDS.

§ 2. — **Régulateurs de Watt et de Porter.** — Le régulateur bien connu de Watt est présenté par la fig. 5 (Pl. VII).

Nous allons chercher la loi de variation de la vitesse angulaire d'équilibre ω du régulateur en fonction de l'angle α . Pour cela, nous appliquerons l'équation :

$$\Sigma X dx + \Sigma Y dy = 0$$

Le travail virtuel pour les déplacements compatibles avec les liaisons. Je prends pour axe des y le prolongement AY de l'axe MA , et pour axe des x , une perpendiculaire AX à l'axe, dans le plan considéré de la figure. Nous négligerons, dans ce calcul, la masse des leviers. Nous négligerons aussi, d'abord, les frottements et résistances, et nous en tiendrons compte ensuite. Pour appliquer l'équation générale ci-dessus, considérons la moitié du système à droite :

$$\text{En C, on a : } \left\{ \begin{array}{l} X = \text{force centrifuge} = \frac{P}{g} \omega^2 b \sin \alpha \\ Y = \text{poids de la boule} = -P \\ x = \text{abscisse du point C} = b \sin \alpha \\ dx = b \cos \alpha d\alpha \\ y = \text{ordonnée du point C} = -b \cos \alpha \\ dy = b \sin \alpha d\alpha \end{array} \right.$$

$$\text{En M, on a : } \begin{cases} X = 0 \\ Y = \frac{1}{2} \text{ poids du manchon} = -\frac{Q}{2} \\ y = \text{ordonnée du point M} = -2a \cos \alpha \\ dy = 2a \sin \alpha d\alpha. \end{cases}$$

Substituons ces valeurs dans l'équation générale; on a :

$$\frac{P}{g} \omega^2 b \sin \alpha \times b \cos \alpha d\alpha - Pb \sin \alpha d\alpha - \frac{Q}{2} \times 2a \sin \alpha d\alpha = 0 ;$$

d'où :

$$b \cos \alpha = g \left[1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right] \frac{1}{\omega^2}.$$

Soit n le nombre de tours par minute du régulateur correspondant à la vitesse angulaire; on a :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad \text{d'où : } \frac{g}{\omega^2} = \frac{g \times (60)^2}{4\pi^2} \times \frac{1}{n^2}.$$

Substituons dans l'équation ci-dessus :

$$b \cos \alpha = \frac{g \times (60)^2}{4\pi^2 n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right) = h = \frac{893}{n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \cdot \frac{a}{b} \right)$$

(en appelant h la distance verticale de A à la projection des boules sur le régulateur).

La distance AM du manchon au point fixe A est égale à :

$$(1) \quad h \times 2 \times \frac{a}{b} = \frac{g \times (60)^2}{2\pi^2 n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right) \times \frac{a}{b} = l$$

(en appelant l cette distance), ou bien :

$$l = \frac{1790}{n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right) \frac{a}{b}$$

(en prenant pour unités, comme dans tout ce mémoire, le mètre, le kilogramme et la seconde).

Le problème est donc résolu, c'est-à-dire que nous avons la relation entre la position du manchon et la vitesse

du régulateur exprimée en nombre de tours par minute.

On peut encore l'écrire :

$$n = \sqrt{\frac{1790}{l} \left[1 + \frac{Q}{P} \frac{a}{b} \right] \frac{a}{b}}.$$

J'emploie comme vitesse le nombre de tours n par minute, au lieu de la vitesse angulaire ω , pour avoir recours à une expression plus familière aux praticiens. Mais cela ne veut pas dire que je considère ici la vitesse moyenne du régulateur pendant une minute entière. Dans mon esprit, n n'est autre chose que ω , à une constante près, de sorte que je parlerai souvent des variations que subit n pendant une fraction de minute et même pendant une fraction de seconde.

Soient maintenant n_1 et n_2 les valeurs de la vitesse correspondant aux valeurs extrêmes l_1 et l_2 de la position du manchon, entre lesquelles on se propose d'utiliser le régulateur ; $l_1 - l_2$ représente la course utilisée du manchon, que je désignerai par c .

Avec l'équation (1) on peut tracer la courbe représentant les valeurs de n en fonction des variations de l . Au-dessus de cette courbe on pourrait aisément choisir les extrêmes l_2 et l_1 du manchon, de telle façon que le régulateur ait un écart relatif de vitesse déterminé que nous ferons, par exemple, pour le régulateur Farcot. Mais, pour le régulateur de Watt, il est difficile de tracer cette courbe, et nous allons donner une formule qui en tient lieu.

On se demande quelles doivent être les dimensions du régulateur pour que la vitesse de rotation, pour que l'écart relatif de

$$\frac{n_2 - n_1}{\left(\frac{n_2 + n_1}{2} \right)}$$

et la course $l_1 - l_2 = c$ du manchon aient des valeurs données. J'appelle E cet écart relatif de vitesse. On a, en appliquant l'équation (1) :

$$l_1 = \frac{1790}{n_1^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \frac{a}{b} \right) \frac{a}{b},$$

$$l_2 = \frac{1790}{n_2^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \frac{a}{b} \right) \frac{a}{b};$$

d'où :

$$\frac{\left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right)}{l_1 - l_2} = \frac{\left(\frac{n_2^2 + n_1^2}{2} \right)}{n_2^2 - n_1^2}.$$

Soit L la distance du sommet A à la position moyenne du manchon, correspondant au milieu de la course utilisée, le premier nombre de l'équation est égal à $\frac{L}{c}$.

On a donc :

$$\frac{2L}{c} = \frac{n_2^2 + n_1^2}{n_2^2 - n_1^2} = \frac{n_2^2 + n_1^2}{(n_2 + n_1)(n_2 - n_1)}.$$

Or, on peut confondre n_2 avec n_1 , dans cette équation, avec une approximation suffisante; il vient donc :

$$\frac{2L}{c} = \frac{2n_1^2}{2n_1(n_2 - n_1)} = \frac{n_1}{n_2 - n_1}.$$

Or, n_1 est sensiblement égal à $\frac{n_1 + n_2}{2}$; donc le deuxième membre est sensiblement égal à $\frac{1}{E}$; donc :

$$(2) \quad \frac{2L}{c} = \frac{1}{E}, \quad \text{ou: } L = \frac{c}{2E}.$$

Telle est l'équation très simple qui permet de calculer L, en fonction de la course c, qu'on veut avoir, et de l'écart relatif de vitesse E qu'on a choisi.

Il est à remarquer qu'on peut faire varier P, Q, a, b,

sans rien modifier à cette relation. Cette remarque a un grand intérêt pratique; elle montre qu'on peut augmenter la vitesse de régime d'une machine, en augmentant la surcharge du manchon du régulateur de Watt, sans modifier son écart relatif de vitesse.

Ainsi, L étant calculé, on peut choisir à volonté les valeurs de a et b ; mais nous allons maintenant calculer P et Q de telle façon que le régulateur ait la puissance voulue pour vaincre les résistances, sans que la vitesse de régime soit modifiée de plus qu'une quantité donnée.

Soit F la valeur de toutes les résistances que le régulateur doit vaincre, évaluées au manchon du régulateur.

Reprenons la formule (1), où :

$$h = \frac{893}{n^2} \left(1 + \frac{P}{Q} \frac{a}{b} \right);$$

on en tire :

$$Q = P \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{n^2}{893} - P \frac{b}{a}.$$

Représentons par $dQ = F$ la résistance en question, évaluée au manchon; on a :

$$dQ = 2P \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{h}{893} \cdot n \cdot dn = 2P \frac{b}{a} \frac{hn^2}{893} \cdot \frac{dn}{n}$$

ou :

$$\frac{hn^2}{893} = \left(1 + \frac{Q}{P} \cdot \frac{a}{b} \right);$$

c, en substituant, on a :

$$dQ = 2P \frac{b}{a} \left(1 + \frac{Q}{P} \frac{a}{b} \right) \frac{dn}{n} = 2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right) \frac{dn}{n},$$

n :

$$\frac{dn}{n} = \frac{dQ}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)} = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)}$$

Telle est la formule qui donne la puissance du régulateur ; elle permet de calculer P et Q , mais on reste libre de choisir arbitrairement le rapport de ces deux poids ; on fixe P et Q de telle façon que la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ ne soit qu'une fraction déterminée de l'écart

relatif de vitesse E du régulateur, par exemple $\frac{1}{3}$ de cette valeur ; nous y reviendrons dans la deuxième partie.

Dans le régulateur de Porter à point de suspension unique (Pl. VII, *fig.* 2), on a : $a = b$; de plus, on donne aux boules un poids P sensiblement inférieur au poids Q du manchon ; c'est un régulateur à grande vitesse.

L'inconvénient du régulateur de Watt et de Porter est d'exiger de grandes dimensions quand on veut obtenir une faible valeur de E avec une course c suffisamment grande.

§ 3. — **Régulateur de Farcot.** — La *fig.* 6 (Pl. VII) représente le régulateur bien connu de Farcot. Nous allons l'étudier de la même façon.

Soient : P , le poids des boules ; Q , le poids du manchon avec sa surcharge, s'il y en a ; et 2α , l'angle des bielles entre elles.

Soient :

$$DB = BE = a, \quad DC = b, \quad DD' = EE' = 2l.$$

Le théorème du travail virtuel nous fournit, comme pour le régulateur de Watt, l'équation qui donne la distance l du manchon au sommet du régulateur, en fonction du nombre de tours par minute n , pour qu'il y ait équilibre.

Soit encore l la distance du manchon au sommet du régulateur.

On trouve tout d'abord :

$$n^2 = 895 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{b \sin \alpha - e} \left[1 + \frac{Q}{P} \cdot \frac{a}{b} \right].$$

Or :

$$\cos \alpha = \frac{l}{2a};$$

d'où l'on tire :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{4a^2 - l^2}}{2a}.$$

En substituant, l'on trouve :

$$n = 30 \sqrt{\frac{\frac{\sqrt{4a^2 - l^2}}{2a}}{lb \sqrt{1 - \frac{l^2}{4a^2}} - e} \left[1 + \frac{Q}{P} \cdot \frac{a}{b} \right]}.$$

Désignons cette fonction par $f(l)$; soit $K = \frac{n}{m}$ le rapport des vitesses du régulateur et du volant en nombre de tours par minute; soient l_1 et l_2 les positions du manchon correspondant aux vitesses extrêmes n_1 et n_2 du régulateur; on a les relations :

$$f(l_1) = Km_1, \quad f(l_2) = Km_2, \quad l_1 - l_2 = c,$$

ou course du manchon, quantité donnée.

Les trois relations permettent de calculer l_1 , l_2 et K , pour un régulateur de dimensions données, en fonction des vitesses du volant m_1 et m_2 .

Mais ces équations sont compliquées, et il est préférable d'aborder la question d'une autre façon.

L'équation précédente peut s'écrire :

$$n = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{b \sin \alpha - e}} \times \sqrt{1 + \frac{P}{Q} \cdot \frac{a}{b}} = C^{\text{te}} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{b \sin \alpha - e}}.$$

Cette équation donne la loi des variations de n en fonction de α ; elle nous permet donc de construire la courbe

des valeurs des vitesses n , en fonction des angles α ; la *fig. 8* (Pl. VII) représente cette courbe. Le tableau suivant donne les principales valeurs de n pour α croissant de -90° à 90° :

VALEUR DE α	VALEUR DE n
-90°	$+\infty$
0	0
$\text{Arc sin } \frac{e}{b}$	$+\infty$
$+90^\circ$	$+\infty$

1^{re} région, n réel, courbe DO.
2^e région, n imaginaire.
3^e région, n réel, courbe ABC.

Dans la première région on se trouve dans le cas du régulateur représenté par la *fig. 7* (Pl. VII), système très employé dans la pratique.

Dans la deuxième région, quand α varie de 0 à $\text{arc sin } \frac{e}{b}$, on a des valeurs imaginaires de n .

Dans la troisième région, quand α varie de $\text{arc sin } \frac{e}{b}$ à 90° , l'on se trouve dans le cas du régulateur Farcot proprement dit. Pour savoir quel est l'angle pour lequel le régulateur est isochrone, il faut chercher le point où la courbe a une tangente horizontale en prenant la dérivée $\frac{dn}{d\alpha}$; on a une expression dont le numérateur est égal à :

$$(b \sin^3 \alpha - e),$$

à un facteur constant près.

La dérivée est nulle pour :

$$\sin^3 \alpha = \frac{e}{b}, \quad \text{ou :} \quad \alpha = \text{arc sin } \sqrt[3]{\frac{e}{b}};$$

au point B correspondant à cette valeur de α , le régulateur est isochrone.

De plus, dans la partie AB de la courbe, le régulateur est instable, tandis que, dans la partie Bc, il est stable ; cette dernière partie est la seule qu'on puisse utiliser dans la pratique.

De même que pour le régulateur de Watt, il est facile de calculer la perturbation relative de vitesse due à une résistance ayant la valeur F , évaluée au manchon ; on trouve :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2 \left[P \frac{a}{b} + Q \right]}.$$

Cette formule est la même que pour le régulateur de Watt.

Le régulateur de Farcot peut donner d'excellents résultats soit en l'employant sans surcharge, comme dans la *fig. 6* (Pl. VII), soit en l'employant à grande vitesse et avec surcharge, comme dans la *fig. 3*. Mais il ne faut pas l'employer dans la région où il est rigoureusement isochrone, comme avait voulu le faire au début l'inventeur ; il faut l'établir de manière à lui donner un écart relatif de vitesse en rapport avec le volant, d'après les formules de la corrélation que je donnerai plus loin.

Au moyen de la courbe de la *fig. 8* (Pl. VII), il est facile d'établir un régulateur de Farcot ayant un écart relatif de vitesse déterminé.

Nous verrons plus loin comment, en ajoutant un ressort au régulateur de Farcot, on peut obtenir un excellent appareil.

§ 4. — **Régulateurs de Watt et de Porter à points de suspension séparés.** — Le plus souvent, on emploie les régulateurs de Watt et de Porter à points de suspension séparés, comme le représentent la *fig. 7* (Pl. VII) et la *fig. 10*.

Les formules précédentes du régulateur de Farcot s'appliquent ici en tenant compte des signes.

Ces régulateurs, à dimensions égales, sont plus éloignés de l'isochronisme que les régulateurs de Watt et de Porter à point de suspension unique. On peut cependant obtenir avec eux un écart relatif de vitesse faible, avec une course suffisante du manchon, mais à la condition de leur donner de très grandes dimensions, comme on peut le constater d'après les formules. C'est pourquoi ils conviennent surtout aux machines de grande puissance ayant besoin d'un régulateur grand et puissant.

§ 5. — **Régulateurs divers à boules et à poids.** — Il y a une foule d'autres régulateurs à boules et à poids qui sont aussi bons que les précédents, bien que les précédents suffisent pour tous les cas possibles. On peut les étudier absolument comme les deux précédents, mais on trouvera dans la septième partie des formules générales qui permettent de les étudier plus rapidement.

III. — RÉGULATEURS DE VITESSE A BOULES, A POIDS ET A RESSORTS.

§ 6. — **Calcul de ces appareils.** — On peut modifier l'un quelconque des régulateurs que nous venons d'étudier en remplaçant la surcharge du manchon par un ressort; je vais montrer qu'il est facile de calculer l'écart relatif de vitesse d'un régulateur ainsi établi.

Si nous prenons par exemple le régulateur de Porter, on a trouvé au § 2 :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2 \left[P \frac{a}{b} + Q \right]}$$

Désignons par R l'effort de compression initiale du ressort, quand le manchon est en bas de sa course, et par R' , cet effort quand il est en haut. Supposons que cette compression remplace complètement la surcharge Q du manchon. Dans ces conditions, l'écart relatif de vitesse du régulateur sera égal, tout d'abord, à celui qui résulte de la formule précédente, dans laquelle on fait $Q = R$, puis à celui qui résulte de la formule :

$$\frac{dn}{n} = \frac{R' - R}{2 \left[P \frac{b}{a} + R \right]}.$$

Quant à la perturbation relative de vitesse due à l'effort F , évalué au manchon, elle est égale à :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + R \right)},$$

puisque R remplace Q .

Si, en outre de R , on laissait au poids Q une certaine valeur, cette dernière formule deviendrait :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q + R \right)}.$$

On peut encore étudier directement ces régulateurs, en tenant compte du ressort, du premier coup, comme on le verra dans la septième partie.

§ 7. — **Régulateurs à bielles croisées, à poids et à ressort.** — Si l'on applique ce principe à l'établissement d'un régulateur de Porter à ressort, à point de suspension unique ou à points de suspension séparés, on obtient un appareil s'éloignant un peu trop de l'isochronisme, ce qui oblige à lui donner de très grandes dimensions. Mais le ressort est d'un emploi excellent avec le régulateur de

Farcot ; en effet, le ressort tend à diminuer l'isochronisme du régulateur ; or, comme le régulateur de Farcot peut être aussi isochrone que l'on veut, l'inconvénient du ressort disparaît ; il ne reste plus que son avantage, qui consiste à diminuer les perturbations de la position du manchon du régulateur en diminuant l'inertie du système, comme on le verra plus loin dans l'étude de la corrélation entre le volant et le régulateur.

On peut obtenir ainsi un très bon régulateur en faisant usage de la courbe BC de la *fig. 8* (Pl. VII) et d'un ressort ; on calculera l'écart de vitesse dû à la variation de compression du ressort suivant la formule ci-dessus. Mais il se peut que l'on ne puisse disposer ainsi que d'une course insuffisante pour le manchon ; alors il ne faudra pas hésiter à avoir recours à la courbe AB (même figure) du régulateur de Farcot, courbe qui correspond au régulateur instable. Dans ce cas, la courbe du régulateur donnera un écart relatif de vitesse négatif, le ressort donnera un écart relatif de vitesse positif ; si ce dernier est plus grand que le premier, l'écart relatif de vitesse du régulateur avec ressort sera positif, et le régulateur sera stable, c'est-à-dire d'un emploi pratique, et aussi près qu'on le voudra de l'isochronisme.

Ce raisonnement suppose, bien entendu, que, dans les limites de la course utilisée du manchon, la courbe est assez voisine d'une ligne droite.

La *fig. 9* (Pl. VII) représente le régulateur de Farcot à poids et à ressort.

J'ai proposé cet appareil dans mon étude de 1887 ; cette disposition est intéressante, comme on le verra plus loin, dans l'étude de la corrélation entre le volant et le régulateur ; elle a le petit inconvénient d'exiger l'emploi d'un axe vertical assez long ; on peut obvier à cet inconvénient en soutenant l'axe au-dessus du régulateur, en le faisant tourner dans un coussinet fixe.

par des bielles à un manchon M qui tourne avec le volant et son axe, mais qui peut se déplacer longitudinalement, entre les arrêts I et K. La gorge LN du manchon est reliée au moyen d'une fourche avec la valve ou la distribution variable de la machine à vapeur. S'il s'agit d'une valve, elle doit être ouverte en grand quand le manchon touche à son arrêt I, et fermée quand il touche à son arrêt K.

Tel est le principe de l'action du régulateur. On doit remarquer que la force centrifuge et la résistance du ressort sont les seules forces en action ; l'action de la pesanteur est nulle sur l'équilibre du système, car le poids de P est détruit par celui de P', par l'intermédiaire du manchon.

Cela posé, nous allons chercher la loi de l'équilibre du système, ou bien la valeur de l'écartement des contrepoids en fonction de la vitesse angulaire.

Soient :

r , la distance de l'axe au centre de gravité des poids P P' ;

a , la demi-hauteur d'un contrepoids ;

R , la distance de l'axe à l'intérieur de la jante ;

l , la longueur du ressort correspondant à r ;

k , la longueur du ressort supposé abandonné à lui-même et détendu.

Il est clair que la résistance du ressort est définie par la relation $F = s (k - l)$, dans laquelle s représente la compression en kilogrammes par mètre de course à partir de la longueur k où la compression est nulle, ou encore en grammes par millimètre de course.

Soient, enfin, m la masse d'un contrepoids, et ω la vitesse angulaire ; on a évidemment :

$$F = s (k - l) = m\omega^2 r.$$

Or :

$$= R - a - r.$$

Donc :

$$k - l = k + a + r - R.$$

Donc :

$$F = s (k + a + r - R) = m\omega^2 r;$$

d'où :

$$r (m\omega^2 - s) = s (k + a - R).$$

D'où l'on tire :

$$(1) \quad r = s \frac{k + a - R}{m\omega^2 - s}.$$

Telle est l'équation fondamentale du régulateur.

Il est facile de voir dans quelle condition il est isochrone ; il faut que r soit indéterminé, ou de la forme $\frac{\text{zéro}}{\text{zéro}}$; il faut pour cela que :

$$k + a - R = 0, \quad \text{et:} \quad m\omega^2 - s = 0.$$

La première relation veut dire que le ressort doit être sans compression ou détendu, quand le centre de gravité des contrepoids arrive sur l'axe. On peut imaginer une disposition mécanique qui réalise cette condition.

La deuxième relation donne la vitesse correspondante :

$$\omega^2 = \frac{s}{m}, \quad \text{ou:} \quad \omega = \sqrt{\frac{s}{m}}.$$

Un tel régulateur représente complètement le régulateur isochrone de Foucault dont nous avons parlé dans notre premier mémoire ; il ne peut s'appliquer aux machines à vapeur.

Pour que le régulateur puisse servir, il faut qu'il ait une certaine stabilité, ce qui ne se produira que si $k + a$ est plus petit que R , condition bien facile à réaliser.

Continuons l'examen du régulateur comme pour les régulateurs de vitesse que nous avons étudiés dans nos précédents mémoires. Cherchons dans quelles conditions il faut établir le ressort pour que le régulateur ait une

stabilité déterminée correspondant à un écart relatif de vitesse donné. Posons d'abord :

$$R - k - a = b;$$

l'équation (1) devient :

$$(2) \quad r = s \frac{b}{s - m\omega^2};$$

d'où l'on tire :

$$r (s - m\omega^2) = b;$$

d'où :

$$m\omega^2 r = s (r - b);$$

d'où :

$$\omega^2 = \frac{s (r - b)}{mr}.$$

Différentions les deux membres, on a :

$$2\omega d\omega = \frac{[mrs - s(r - b)m] dr}{m^2 r^2},$$

$$2\omega d\omega = \frac{[mrs - srm + sbm] dr}{m^2 r^2} = \frac{sbm}{m^2 r^2} dr = \frac{sb}{mr^2} dr.$$

Ainsi :

$$2\omega d\omega = \frac{sb}{mr^2} dr.$$

cette équation, membre à membre, par

$$\omega^2 = \frac{s (r - b)}{mr},$$

$$2 \frac{d\omega}{\omega} = \frac{s b dr}{m r^2} \times \frac{mr}{s (r - b)} = \frac{dr}{r} \times \frac{b}{r - b};$$

posant :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \epsilon,$$

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{1}{2} \times \frac{dr}{r} \times \frac{b}{r - b} = \epsilon,$$

d'où :

$$b = \frac{2 \times \epsilon \times r^2}{dr + 2\epsilon \times r},$$

équation qui permet de calculer b en fonction de ϵ .

Or, dans cette équation, $\frac{d\omega}{\omega}$, ou ϵ , est l'écart de vitesse correspondant à une variation relative $\frac{dr}{r}$ de la distance du contrepoids à l'axe ; en d'autres termes, si on appelle $dr = c'$ la course des contrepoids entre leurs arrêts, l'écart relatif de vitesse entre les deux positions extrêmes de ce contrepoids est égal à :

$$\epsilon = \frac{d\omega}{\omega} = \frac{1}{2} \times \frac{c'}{r} \times \frac{b}{r - b}$$

(b est une constante $= R - k - a$, comme on l'a vu ci-dessus).

Au lieu de la course des contrepoids, on peut introduire facilement dans cette formule la course c du manchon en fonction du rapport connu des deux courses c' et c .

Il est curieux de remarquer que s et P n'entrent plus dans cette formule ; on peut donc changer la puissance du ressort et le poids des contrepoids sans modifier l'écart relatif de vitesse du régulateur.

Il nous reste à rechercher, comme dans tous les régulateurs de vitesse, quelle est la perturbation relative de vitesse introduite par une résistance évaluée sur le manchon M du régulateur ; la formule trouvée permettra de calculer le poids des boules du régulateur nécessaire pour mettre en mouvement une valve ayant une résistance donnée.

Considérons la relation :

$$F = m\omega^2 r.$$

Différentions les deux membres :

$$dF = 2\omega m r d\omega ;$$

divisons membre à membre par l'équation précédente; on a :

$$\frac{dF}{F} = \frac{2\omega m r d\omega}{m\omega^2 r} = 2 \frac{d\omega}{\omega} ;$$

d'où :

$$(4) \quad \frac{d\omega}{\omega} = \frac{1}{2} \frac{dF}{F} .$$

Cette équation donne la valeur de la perturbation relative de vitesse introduite par un effort ou résistance dF appliquée à chaque contrepoids.

Désignons par f la valeur de la somme de ces deux résistances appliquées cette fois au manchon M ; on a :

$$dF = f \frac{c}{2c'}$$

(c' et c étant les courses du contrepoids et du manchon M entre leurs arrêts).

On en déduit la relation :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{1}{2} \times \frac{c}{2c'} \times \frac{f}{F} ;$$

d'où :

$$(5) \quad F = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{c}{2c'} \times f}{\frac{d\omega}{\omega}} ,$$

équation qui permet de calculer F ou, autrement dit, la puissance du régulateur, en fonction de la perturbation relative de vitesse $\frac{d\omega}{\omega}$ qu'on se propose de ne pas dépasser.

Cette équation peut se mettre sous la forme :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{f}{2F} \times \frac{c}{2c'} = \frac{f}{4F} \left(\frac{c'}{c} \right).$$

Il est intéressant de remarquer que la formule est exactement la même que celle du régulateur de Porter, ou :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2Q};$$

en effet f remplace ici F , et $F \times \frac{2c'}{c}$ remplace ici Q .

Ces formules serviront au § 21.

Ces équations étant posées, voici quelle est la marche à suivre pour le calcul du régulateur :

On détermine d'abord le poids du volant de la machine à vapeur et l'écart relatif de vitesse ε à choisir, suivant les règles que nous donnerons plus loin.

Puis, on applique la formule (5) pour calculer F en fonction de f , en faisant $\frac{d\omega}{\omega}$ sensiblement plus petit que ε , soit $\frac{1}{4}$ de cette valeur, par exemple ; on en tire la valeur de F .

Puis, on applique la formule (3), qui donne b en fonction de ε , de r et de la course $\hat{c}r = c$.

Puis, on se donne R et a arbitrairement, et on calcule k par la formule :

$$R - k = a - b.$$

Puis, on calcule la raideur du ressort, définie par le coefficient s , par la formule :

$$s(k - l) = F.$$

Puis, on calcule le poids de chaque contrepoids par la

formule :

$$m\omega^2r = \frac{P}{g} \omega^2r = F,$$

r étant le rayon pour la position moyenne des contrepoids.

Le rapport des courses $\frac{c'}{c}$ peut se donner arbitrairement ; il est généralement voisin de l'unité.

Le calcul de tous les éléments du régulateur est, comme on le voit, des plus simples.

Ce système, avec des variantes dans les dispositions, a été appliqué par de nombreux constructeurs de machines à vapeur dans les perfectionnements qui ont été apportés à ces machines.

Nous citerons, en particulier, le régulateur des machines Weyher et Richemond, qui est basé sur ce principe, avec les modifications suivantes : les contrepoids se meuvent, non pas suivant un rayon, mais suivant un arc de cercle qui est tangent à un rayon, et qu'on peut confondre avec un rayon pour un petit déplacement considéré ; les ressorts ne sont pas comprimés, mais ils agissent par extension, ce qui revient absolument au même au point de vue du calcul. Cette disposition donne moins de frottement que celle que nous avons figurée ; on évite, en effet, le frottement résultant du glissement des contrepoids sur les rayons.

Il existe aujourd'hui un grand nombre de machines à grande vitesse qui sont réglées par des appareils analogues.

DEUXIÈME PARTIE.

**CALCUL DU RÉGULATEUR DES ORGANES DE RÉGLAGE
ET DU VOLANT DANS LES MACHINES
OU LE RÉGULATEUR AGIT DIRECTEMENT
SUR LA DISTRIBUTION AU MOYEN D'UN DÉCLIC.**

I. — THÉORIE DES RÉGULATEURS A MAXIMUM ET MINIMUM (*).

§ 10. — **Cas d'une machine idéale.** — Considérons une machine à vapeur conduisant un atelier ; soit ω la vitesse angulaire de rotation du volant ; nous nous proposons de munir la machine d'un régulateur tel que la vitesse angulaire ω ne puisse jamais sortir de deux limites ω_1 et ω_2 (ω_1 étant le minimum, et ω_2 le maximum), et cela quelles que soient les variations du travail résistant entre son maximum et zéro ; ce dernier cas se présenterait si la courroie principale de l'atelier venait à tomber.

Il va de soi que l'écart relatif de vitesse

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_2 + \omega_1} \cdot 2$$

doit être choisi d'autant plus petit que l'atelier demande plus de régularité. On peut descendre jusqu'à $\frac{4}{100}$ pour la valeur de ce rapport, et même au dessous, dans les cas les plus difficiles ; nous donnerons plus loin des règles précises à ce sujet.

(*) Cette théorie figure dans mon premier mémoire ; c'est le point de départ de toutes mes études sur les régulateurs.

Pour que ω ne sorte jamais des limites ω_1 et ω_2 , je munis la machine d'un régulateur à force centrifuge ayant une vitesse de rotation proportionnelle à celle du volant; je calcule ce régulateur d'après les règles exposées dans la première partie, de manière que les positions extrêmes du manchon correspondent à des nombres de tours n_1 et n_2 par minute, du régulateur, proportionnels aux valeurs ω_1 et ω_2 . Cela posé, faisons les hypothèses suivantes.

Première hypothèse. — Je suppose que la position du manchon du régulateur soit une fonction de la vitesse angulaire ω et de cette variable seulement. Je suppose aussi que ce manchon soit relié directement à l'organe de réglage de la distribution; je suppose, en outre, que cette liaison soit établie de telle façon que l'admission soit nulle quand le manchon est en haut de sa course, et que le travail moteur soit supérieur au travail résistant maximum quand le manchon est en bas de sa course.

Deuxième hypothèse. — Je suppose la distribution assez douce à mouvoir et le régulateur assez puissant pour que le mouvement de son manchon ne soit nullement influencé par les frottements ni par l'effort à faire pour mouvoir l'appareil de distribution variable.

Troisième hypothèse. — Je suppose que le moment du travail moteur et le moment du travail résistant soient constants par rapport à l'axe du volant, dans chacune de ces révolutions; cela suppose donc un travail moteur régulier comme celui d'une turbine et non par coups de pistons.

Quatrième hypothèse. — Je suppose que le manchon du régulateur fasse varier le travail moteur aussitôt qu'il se déplace; cela ne se produit pas exactement dans la pratique, quand le manchon du régulateur se déplace

pendant la détente, dans la machine à cylindre unique, puisque le régulateur n'agit qu'en réglant le degré de l'admission.

Cinquième hypothèse. — Je suppose que le manchon du régulateur ne soit pas influencé par l'inertie des pièces de ce régulateur; cette hypothèse n'est pas réalisée, par exemple, quand le manchon surchargé d'un régulateur de Porter est lancé par sa vitesse acquise au-delà de la position correspondant à la vitesse de rotation du régulateur.

Sixième hypothèse. — Je suppose, enfin, que les variations du travail moteur dues aux déplacements de l'appareil de réglage de la distribution soient sensiblement proportionnelles aux déplacements du manchon du régulateur.

Si toutes ces conditions sont réalisées, il est bien évident que la vitesse angulaire de rotation du volant ne pourra jamais sortir des limites fixées ω_1 et ω_2 .

En effet, si, par suite d'une diminution du travail résistant, la vitesse ω du volant s'accélère jusqu'à ω_2 , le manchon du régulateur sera en même temps au haut de sa course, comme on l'a vu ci-dessus, et la force motrice sera supprimée complètement; donc ω ne peut dépasser ω_2 .

D'autre part, supposons que le travail résistant, après avoir été faible, devienne plus considérable; alors le travail moteur, qui était égal, précédemment, au travail résistant faible ne suffit plus, et la vitesse du volant diminue; supposons que la vitesse angulaire tombe jusqu'à ω_1 ; mais alors le manchon est en bas de sa course, et nous avons supposé ci-dessus que, dans ce cas, le travail moteur devait être supérieur au travail résistant maximum; donc la vitesse ω ne peut tomber au-dessous de ω_1 .

On voit donc que, dans ces conditions, ω reste toujours

comprise entre ω_1 et ω_2 ; c'est pourquoi, dans mon mémoire de 1878, j'ai donné le nom de « régulateurs à maximum et minimum » aux régulateurs à action directe.

§ 11. — **Réalisation pratique des hypothèses précédentes.**
— Les anciennes distributions variables à tiroirs, la distribution Meyer par exemple, sont trop dures à mouvoir pour être mises en mouvement directement par un régulateur à force centrifuge, même très puissant; en effet, ces distributions exigent toute la force d'un homme agissant sur une vis pendant plusieurs tours, lorsqu'on veut les faire varier d'un bout à l'autre, tandis que le manchon d'un régulateur, même très puissant, ne peut exercer qu'un effort de quelques kilogrammes sur une longueur de quelques centimètres. On verra plus loin comment on peut mettre ces distributions en mouvement par une liaison indirecte, au moyen d'un embrayage. Mais, comme je le montrerai, la pratique est d'accord avec la théorie pour donner la préférence à l'action directe du régulateur sur la distribution. C'est dans ce but que la distribution à dé clic des machines Corliss a été imaginée et imitée par presque tous les constructeurs depuis une vingtaine d'années.

Je ne donnerai pas ici la description de la machine Corliss, qui est très connue; je rappellerai seulement le principe de l'action directe du régulateur sur la distribution variable au moyen du dé clic, car il est nécessaire de bien préciser cette disposition avant de passer à la théorie de la corrélation entre le régulateur, les organes de réglage et le volant dans les machines Corliss.

La *fig. 1* (Pl. IX) représente l'ensemble du système de dé clic dans une des plus anciennes dispositions de la machine Corliss. La tige AB commande le distributeur d'admission de vapeur, de manière à fermer l'admission quand elle se meut dans le sens de la flèche. Cette tige AB est

fixée par son extrémité B à l'extrémité D de l'organe de déclic DEG tant que le déclic ne fonctionne pas. Le déclic est entraîné par son axe E dans le mouvement du balancier vertical EH, quand ce dernier oscille autour de l'axe fixe H; il en résulte que, lorsque le déclic DEG n'est pas rompu, il fonctionne comme s'il était soudé par son extrémité D au point B de la tige AB. Cette fixation des deux extrémités est obtenue au moyen du petit ressort I, qui appuie le point D sur B, et au moyen du grand ressort à lame JKL; ce ressort, encastré suivant JK, dans le métal du grand levier vertical EH, tend à tirer la tige AB dans le sens de la flèche T et oblige ainsi la tige AB à suivre le déclic DEG lorsque celui-ci est entraîné par le mouvement du levier EH. Enfin, le levier vertical est animé d'un mouvement de va-et-vient autour de l'axe fixe H, mouvement qui est donné par l'excentrique et les bielles NOP; l'excentrique est naturellement mis en mouvement par l'arbre moteur.

Si donc le déclic ne fonctionnait pas, on aurait ainsi une distribution à admission fixe, commandée par un excentrique; c'est ce qui se passe, en effet, lorsque le régulateur ne fonctionne pas; l'admission ainsi obtenue est très grande; dans bien des types de machines Corliss, elle dépasse 50 p. 100. Nous verrons plus loin qu'il ne faut pas l'exagérer.

Voici maintenant comment le régulateur intervient pour fermer l'admission au moment voulu, suivant la demande du travail résistant.

L'organe de déclic dans sa partie EG a la forme courbe représentée par la figure.

D'autre part, le manchon M du régulateur est relié par la bielle MS au levier coudé SR, lequel est terminé par la touche Q.

Il en résulte que, lorsque l'admission est ouverte et que l'organe de déclic se meut dans le sens de la flèche U

avec tous les organes dont il est solidaire, il arrive un moment où la partie EG du déclic rencontre la touche Q; alors l'extrémité D du déclic se soulève, et il se produit ce que j'appelle la rupture du déclic; la tige AB est fortement tirée par le ressort LJ, et cela jusqu'à ce que le mouvement de la tige AB soit arrêté par la fermeture complète de l'admission; le tracé L'J représente le ressort à lame dans cette position extrême. Le frein à air V sert à amortir ce mouvement de fermeture à l'admission pour éviter de briser des pièces par la violence du choc.

On voit donc que l'admission se fermera pour un degré d'admission plus ou moins élevé, suivant que la touche Q se trouvera plus ou moins haut, au moment de la rencontre; comme la touche monte quand le manchon M du régulateur descend, et inversement, on voit que le degré d'admission augmente à mesure que la vitesse du régulateur et de la machine diminue. Tout est combiné pour que l'admission soit nulle lorsque le manchon du régulateur est en haut de sa course.

On voit donc, en résumé, que, bien qu'il n'y ait pas, à proprement parler, action directe du régulateur, il existe cependant entre le régulateur et l'organe de réglage de distribution une liaison équivalente à cette action directe au point de vue de l'application de la théorie du régulateur à maximum et minimum que j'ai donnée ci-dessus.

Pour mieux préciser ma pensée, je reviendrai à l'examen des six hypothèses de cette théorie dans le cas de la machine Corliss.

La première et la deuxième hypothèses sont réalisées à condition que le régulateur soit assez puissant pour que la réaction de l'organe ne fasse pas bouger trop sensiblement le manchon du régulateur au moment du choc produit par le déclic. Nous reviendrons plus loin sur la manière de calculer la puissance du régulateur et de son frein pour éviter cet inconvénient.

La troisième, la quatrième et la cinquième hypothèses ne sont pas réalisées, naturellement, comme dans toutes les machines à vapeur. Nous verrons comment il faut calculer la corrélation entre le volant et le régulateur pour qu'il n'en résulte aucun inconvénient dans la pratique.

Enfin, la sixième hypothèse est assez bien réalisée avec les régulateurs agissant sur la distribution, comme dans le cas actuel, et nullement avec les régulateurs à valve, comme on le verra plus loin.

Je rappellerai que, dans les machines Corliss, le manchon du régulateur est relié à un frein à huile de peu de puissance, qui sert à empêcher ce manchon d'être trop sensiblement déplacé par le choc du déclic et qui sert aussi à empêcher le mouvement du manchon d'être troublé par les effets de l'inertie du régulateur; nous reviendrons plus loin sur le fonctionnement de cet organe et sur le calcul de sa puissance.

La disposition que je viens de donner du déclic de la machine Corliss est relative aux machines déjà anciennes; il existe une foule de dispositions modernes dérivées de la machine Corliss; il est inutile de les rappeler ici, car, au point de vue de la théorie, elles rentrent dans le type que je viens de décrire.

II. — THÉORIE DES PERTURBATIONS DU PREMIER GENRE DE LA POSITION DU MANCHON DU RÉGULATEUR.

§ 12. — **Théorie de ces perturbations.** — Dans la deuxième hypothèse du § 10, j'ai supposé dans ma théorie que le moment du travail moteur par rapport à l'axe du volant était constant pendant chaque révolution de ce volant; de même, pour le travail résistant.

En ce qui concerne le travail résistant, cette hypothèse

est le plus souvent assez bien réalisée dans la pratique, jusqu'au moment où ce travail résistant change brusquement ; après quoi son moment devient constant pendant chaque révolution. Mais, en ce qui concerne le travail moteur, la deuxième hypothèse n'est nullement réalisée dans la pratique ; elle en est même très loin, quand la machine n'a qu'un cylindre et marche avec une grande vitesse ; elle est réalisée un peu mieux dans les machines compound ou dans les machines à deux cylindres.

Nous allons examiner ce qui se passe alors pendant une révolution du volant, en rappelant ici très brièvement l'ancienne théorie classique des volants, celle qui est généralement exposée dans les ouvrages sur les machines à vapeur et qui est due, je crois, à Coriolis.

Supposons le régime établi de telle façon que le travail moteur par tour de volant soit égal au travail résistant ; la vitesse ω repasse par la même valeur à chaque révolution.

Le travail moteur par tour de volant varie en fonction du travail résistant, suivant une certaine loi, et le travail résistant par tour de volant, suivant une autre. Je suppose que tous deux puissent être considérés comme dépendants de la vitesse dans les limites considérées, est-à-dire en supposant que la vitesse s'éloigne peu de vitesse normale.

Je représente par deux courbes (Pl. IX, *fig. 6*) la valeur des moments des efforts moteurs et celle des moments des efforts résistants, pour chaque position du volant, pendant une révolution. Les abscisses représentent les chemins parcourus par un point du volant, situé sur la circonférence de rayon choisi arbitrairement ; les ordonnées représentent alors la valeur des efforts moteurs et résistants évalués à ce point.

Soit ABC la courbe des moments des efforts résistants, en kilogrammes ; cette courbe est généralement une ligne

droite horizontale, mais nous la supposons ici quelconque, pour plus de généralité. Soit DEF la courbe des moments des efforts moteurs, en kilogrammes. Ces deux courbes sont généralement périodiques, la période étant 2π ; elle peut d'ailleurs être plus faible et avoir par exemple comme valeur π et même $\frac{\pi}{2}$, suivant le nombre de cylindres.

Puisque nous avons supposé le régime établi de telle façon que le travail moteur par tour de volant fût égal au travail résistant, on voit que la somme des surfaces MN + PQ est égale à la somme des surfaces ombrées NP + QR. Soient S, s, S', s', ces quatre surfaces; $\omega_m, \omega_n, \omega_p, \omega_q, \omega_r$, les vitesses angulaires du volant dans les positions correspondant aux points M, N, P, Q, R. Soit I le moment d'inertie du volant, en y englobant les transmissions et les diverses pièces en mouvement de l'atelier, rapportées à la vitesse angulaire du volant.

On a : $\frac{I}{2} (\omega_n^2 - \omega_m^2) = S$, formule qui permet de calculer ω_n en fonction de I et de ω_m . On calculera de même ω_p, ω_q et ω_r de proche en proche et, par suite, en fonction de I et de ω_m .

Pour que le problème soit complètement déterminé, il reste à ajouter que nous désirons que la moyenne de toutes ces valeurs $\omega_m, \omega_n, \omega_p, \omega_q, \omega_r$, soit égale à la valeur Ω que nous assignerons comme vitesse de régime à la machine.

Soit ω' la plus petite de ces valeurs, et ω'' la plus grande; la valeur $\frac{\omega'' - \omega'}{\Omega}$ est ce que nous appellerons l'*écart relatif de vitesse* du volant dans l'intervalle d'une révolution.

Voilà l'exposé de l'ancienne théorie des volants, sous une forme appropriée aux besoins de ma théorie; voici maintenant les conclusions que j'en vais tirer.

Il faut généralement que l'écart relatif de vitesse du volant soit sensiblement plus petit que l'écart relatif de vitesse du régulateur, et cela pour le motif suivant.

Si l'écart relatif de vitesse n'est pas sensiblement plus petit que celui du régulateur, il pourra se produire des oscillations très rapides et périodiques du manchon du régulateur et, par suite, de l'organe de réglage de la distribution, ce qui troublerait la marche de la machine. Cependant, il faut remarquer que, quand on emploie des régulateurs très lourds, et lorsque la vitesse de rotation du volant est grande, cet inconvénient est très atténué, à cause de l'inertie du régulateur, qui est incapable de suivre toutes les petites variations très rapides de la vitesse. D'autre part, quand le régulateur est mis en mouvement par une courroie, l'élasticité de cette courroie lui permet de tourner plus régulièrement que le volant, ce qui diminue encore les oscillations du manchon.

Enfin, le frein à huile et tous les frottements servent aussi à diminuer les oscillations du manchon dues à cette cause ; les variations de vitesse existent quand même, sans être visibles sur le régulateur.

Telle est la théorie des perturbations du premier genre. Pour fixer les idées et pour bien faire comprendre comment elles peuvent être évitées par un calcul convenable du volant, nous allons faire deux explications numériques.

§ 13. — **Applications.** — Je suppose, d'abord, qu'il s'agisse d'une machine Corliss à un seul cylindre, la vapeur étant admise à 8 atmosphères dans les cylindres avec 20 p. 100 d'admission et avec condensation. Je suppose la bielle assez longue pour pouvoir être considérée comme infinie. La *fig. 1* (Pl. VIII) représente à une échelle réduite le travail indiqué sur le piston. La *fig. 2* représente le chemin parcouru par le bouton de la manivelle pendant

une demi-révolution du volant. Je partage cette demi-circonférence en huit parties égales et je numérote de 0 à 8 les divisions ainsi obtenues. Je me propose de construire sur la *fig. 3* la courbe des moments des efforts résistants comme à la *fig. 8* de la Pl. VIII. Je vais construire la courbe des moments des efforts moteurs par points, en évaluant les points de cette courbe correspondant aux points 0, 1, 2, ..., 8, de la demi-circonférence décrite par la manivelle. Pour cela, j'abaisse des perpendiculaires (*fig. 2*) de chacun des points 1, 2, ..., 7, de la circonférence sur le diamètre ; puis, je reporte les points projetés sur l'abscisse de la *fig. 1*. On a ainsi les positions du piston 0, 1, 2, ..., 8, qui correspondent aux points 0, 1, 2, ..., 8, considérés de la circonférence décrite par la manivelle ; puis, j'élève des perpendiculaires en ces points jusqu'à leur rencontre avec la courbe des efforts dans le cylindre *fig. 1*.

Il est évident que, en un point donné, le point 3 par exemple, de la circonférence de la manivelle, le moment de l'effort moteur est égal au produit EF (*fig. 1*) de l'effort du piston, par la distance CD (*fig. 2*) qui représente la longueur de la perpendiculaire abaissée de l'axe du volant sur la direction de la bielle, direction parallèle à AB , puisque la bielle est supposée infinie.

Sur la *fig. 3* nous avons construit la courbe des efforts moteurs du piston et la courbe des distances à l'axe. La courbe cherchée des moments des efforts moteurs est obtenue en faisant point par point le produit des ordonnées de ces deux courbes. On obtient ainsi la courbe $OMGNH$. Je prolonge cette courbe, pareille, pendant un autre quart de révolution du volant suivant $HPIJ$.

La courbe des moments des efforts résistants est une ligne droite horizontale, le travail résistant étant supposé constant ; le régime étant permanent, le travail résistant est égal au travail moteur ; il en résulte que la position

de la droite horizontale KL, qui représente le moment du travail résistant, est déterminée par la condition que la surface OMGNH est égale à la surface rectangulaire OKLH.

Les surfaces ombrées MGN et NHP sont alors égales; c'est leur valeur qui va me servir pour calculer le volant, comme on va le voir.

Comme on l'a vu, nous n'avons jamais fait intervenir la longueur de la course du piston en unités définies, ni la surface du piston; c'est inutile, car, pour terminer, nous évaluerons la surface MGN, non pas en valeur absolue, mais en fonction du double de la surface totale OMGNH, c'est-à-dire en fonction du travail moteur pendant une révolution complète du volant.

Je suppose que la surface MGN représente une fraction décimale θ de cette valeur. Dans le cas de la *fig. 3* (Pl. VIII), cette fraction est égale à $\frac{15}{100}$, soit donc $\theta = 0,15$.

Pour calculer le volant, reprenons la formule du paragraphe précédent :

$$\frac{1}{2} (\omega_n^2 - \omega_m^2) = S,$$

qui devient ici :

$$\frac{1}{2} [(\omega^*)^2 - (\omega')^2] = S,$$

S étant la surface de MGN de la *fig. 3*.

Je désigne par V la vitesse de la jante du volant évaluée à sa circonférence moyenne, passant par le centre de gravité de la section de cette jante. Je désigne par M la masse de la jante du volant. On peut négliger la force vive des bras du volant, parce qu'ils ont un faible poids, eu égard à celui de la jante, et aussi parce que leur vitesse est moindre; du reste, ce petit supplément de

force vive, dont je ne tiens pas compte, vient en compensation de l'irrégularité causée par le mouvement de va-et-vient des bielles, pistons, etc...

Il résulte de ce qui précède que $\frac{I}{2} \omega^2$ peut se remplacer par $\frac{1}{2} MV^2$.

Je ne tiens pas compte de la force vive des transmissions de l'atelier; il conviendrait cependant d'en tenir compte, si elle était considérable; dans ce cas, on pourrait réduire le poids du volant, qui résulte des théories qui vont suivre.

A l'avenir, je représenterai toujours la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par $\frac{1}{2} MV^2$ pour le motif qui précède, et avec cette seule réserve qu'il faut y comprendre la $\frac{1}{2}$ force vive des transmissions, si elle est notable.

La formule précédente peut donc s'écrire :

$$\frac{1}{2} M (V'^2 - V^2) = S = \theta \times T$$

(en désignant par V' la plus grande vitesse, et par V la plus petite; θ a été défini ci-dessus et T représente le travail moteur total en kilogrammètres, pendant une révolution du volant).

Soient Φ la force en chevaux de la machine, et N le nombre de révolutions du volant par minute; on a :

$$\Phi = \frac{T \times N}{75 \times 60}, \quad \text{d'où :} \quad T = \frac{75 \times 60}{N} \times \Phi.$$

On a donc, en remplaçant T par sa valeur :

$$\frac{1}{2} M (V'^2 - V^2) = \theta \times \frac{75 \times 60}{N} \times \Phi.$$

Le premier nombre peut s'écrire ainsi :

$$\frac{1}{2} M (V'' - V') (V'' + V') = \theta \frac{75 \times 60}{N} \times \Phi.$$

Divisons et multiplions par $\frac{V'' + V'}{2}$ le premier membre on a :

$$\frac{1}{2} M \frac{V'' + V'}{\frac{V'' + V'}{2}} (V'' + V') \frac{V'' + V'}{2} = \theta \times \frac{75 \times 60}{N} \times \Phi.$$

Or, $\frac{V'' - V'}{\frac{V'' + V'}{2}}$ n'est autre chose que l'écart relatif de vi-

tesse du volant ; désignons-le par ϵ ; d'autre part, $V'' + V'$ peut se confondre avec $2W$, en appelant W la vitesse moyenne de régime de la jante du volant ; substituons, il vient :

$$\frac{1}{2} M \times \epsilon \times 2W \times W = \theta \times \frac{75 \times 60}{N} \times \Phi,$$

ou bien :

$$\frac{1}{2} MW^2 = \theta \times \frac{75 \times 60}{2N} \times \Phi = \theta \times 37,5 \times \frac{60}{N} \times \Phi;$$

d'où l'on tire :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = 37,5 \times \theta \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon}.$$

Telle est la valeur de la $\frac{1}{2}$ force vive du volant, en kilogrammètres par cheval de force motrice pour obtenir un écart relatif de vitesse du volant égal à ϵ .

Si nous appliquons au cas de la *fig.* 3 (Pl. VIII), on trouve que θ a la valeur 0,15, c'est-à-dire que la surface MGN représente 15 p. 100 du travail moteur total d'une révolution complète.

On trouve alors :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = 37,5 \times 0,15 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon} = 5,6 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon}.$$

Je prendrai comme deuxième application une machine Corliss à deux cylindres calés à 90°, à condensation, avec admission à 20 p. 100 de vapeur, à 8 atmosphères et en supposant les bielles infinies.

En opérant de la même façon que ci-dessus, on trouve $\theta = 0,026$ et :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = 37,5 \times 0,026 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon} = 0,97 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon}.$$

§ 14. — REMARQUES. — Dans les deux applications précédentes, j'ai supposé le travail résistant constant pendant l'intervalle d'une révolution, ce qui ne l'empêche pas de subir des variations très grandes de temps en temps, mais en restant constant ensuite.

J'ai supposé, en outre, que, pendant chaque tour du volant, et même pendant une fraction de tour, le travail moteur était égal au travail résistant. Il y a des cas où les choses se passent autrement, par exemple dans les machines conduisant un laminoir; dans ce cas le travail résistant pendant un tour du volant est de beaucoup inférieur au travail moteur, à un tel point que le volant ralentit très sensiblement pendant le travail du laminoir. Dans ce cas il ne peut être question de mettre un régulateur de précision à la machine; on dispose alors un régulateur réglé pour une vitesse supérieure à la vitesse normale, et agissant sur une valve; c'est alors un simple modérateur de vitesse destiné à empêcher une augmentation de vitesse pouvant amener l'explosion du volant. Un tel appareil étant très facile à installer, nous n'insisterons pas davantage.

Dans les deux applications numériques, nous avons supposé la bielle assez longue pour être supposée infinie ; avec des bielles de dimensions courantes, l'épure serait un peu plus compliquée, quoique toujours d'après les mêmes principes ; c'est pourquoi je crois inutile de la donner ici ; on trouverait pour le volant des valeurs plus fortes de $\frac{1}{5}$ environ que celles que nous venons de trouver.

III. — THÉORIE DES PERTURBATIONS DU DEUXIÈME GENRE DE LA POSITION DU MANCHON DU RÉGULATEUR.

(Cette théorie est entièrement nouvelle ; elle est exposée aux § 15 à 22 suivants ; je l'ai imaginée à la suite des recherches que j'ai faites depuis 1887, et pour répondre à la question posée par l'Académie.)

§ 15. — **Définitions des perturbations du deuxième genre.** — Lorsque le manchon du régulateur se déplace un peu rapidement pour passer d'une position à une autre, il dépasse généralement sa nouvelle position d'équilibre en vertu de la force vive de toutes les pièces du régulateur ; il ne s'agit pas de la force vive de rotation du régulateur autour de son axe vertical, mais de la force vive verticale de la surcharge du manchon et de la force vive correspondante des boules, comme on le verra plus loin ; si la position d'équilibre du manchon a été notablement dépassée, il peut y revenir rapidement en la dépassant encore beaucoup en sens inverse ; il se peut que ces oscillations cessent rapidement ou qu'elles durent indéfiniment. Telles sont les perturbations du deuxième genre de la position du manchon. Elles ont été signalées par plusieurs savants et ingénieurs. Je citerai d'abord le regretté M. Rolland, membre de l'Institut, qui a signalé ces perturbations sans donner le calcul de la relation qui doit

exister entre le régulateur et le volant pour les éviter (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 mai 1867, 8 janvier 1872 et 14 août 1876); puis, M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef des Mines, qui a publié une étude intéressante à ce sujet (*Annales des Mines*, 7^e série, t. I). Dans cette étude, M. Worms de Romilly a montré que les régulateurs pouvaient être sujets à des oscillations fâcheuses, mais il n'a pas donné de formules permettant de calculer la corrélation qui doit exister entre le volant et le régulateur.

D'autre part, M. Résal, membre de l'Institut, a donné, depuis longtemps, l'équation générale du mouvement d'une machine, quand la résistance varie; mais il a montré qu'elle conduisait à des calculs inextricables.

La voie suivie jusqu'à présent ne pouvant conduire à la solution de la question, j'y suis arrivé moi-même en prenant comme point de départ la théorie ci-dessus des régulateurs à maximum et minimum. Comme on va le voir, la théorie qui va suivre me permet d'établir la corrélation qui doit exister entre le régulateur, les organes de réglage et le volant, pour éviter l'influence fâcheuse des perturbations du deuxième genre, et cela en me basant sur des calculs purement théoriques, sans m'appuyer sur l'expérience ni l'observation.

La théorie nouvelle qui va suivre a une grande importance, parce que, comme on le verra au § 36, les perturbations du deuxième genre sont celles qui sont le plus à redouter dans la majorité des cas; on verra plus loin que ma théorie s'applique, non seulement au cas des machines Corliss, mais encore au cas des régulateurs à valve, et même aux régulateurs de pression et autres. En résumé, nous sommes arrivés au point le plus important du mémoire.

§ 16. — **Évaluation de la vitesse maxima du manchon du régulateur.** — Nous allons d'abord évaluer la vitesse du

manchon du régulateur dans le cas le plus défavorable, et nous verrons ensuite comment la demi-force vive verticale du régulateur peut être amortie par les frottements ou le frein à huile.

A première vue, on pourrait chercher à calculer exactement la vitesse de déplacement du manchon du régulateur au moyen des formules de la première partie. Désignons par l la distance variable du manchon au sommet du régulateur; les formules de la première partie sont de la forme $l = f(\omega)$, f désignant une fonction, et ω désignant la vitesse angulaire du régulateur et du volant. On pourrait donc avoir la vitesse de déplacement du manchon en prenant la dérivée de l par rapport au temps. En outre, la courbe définie dans le § 12 permet de calculer la vitesse du volant, à chaque instant, d'après les variations du travail moteur et du travail résistant; mais la difficulté tient à ce que, à mesure que le manchon se déplace, le travail moteur change et fait varier ω en même temps; la question se complique alors d'une façon telle qu'on ne peut venir à bout de la résoudre. Mais je vais employer une nouvelle méthode qui permet de résoudre autrement le problème.

La méthode consiste à adopter, comme vitesse du manchon, celle qui se produit dans les conditions les plus défavorables au point de vue qui nous occupe.

Je suppose que le manchon du régulateur passe de sa position inférieure à sa position supérieure en une seule oscillation; il s'agit là d'une oscillation dont la durée n'a aucun rapport avec la durée d'une révolution du volant. contrairement à ce qui se passe dans les perturbations du premier genre. Je suppose que, pendant toute la durée de cette oscillation, le travail moteur soit égal à son maximum, et que le travail résistant soit égal à zéro; je suppose d'abord le travail moteur constant dans l'intervalle de chaque révolution du volant.

Soient M la masse *de la jante* du volant et V sa vitesse, la $\frac{1}{2}$ force vive de la jante du volant est $\frac{1}{2} MV^2$; celle du volant entier, ou $\frac{I}{2} \omega^2$, est un peu supérieure, mais je prendrai celle de la jante comme représentant celle du volant pour les motifs indiqués au § 13.

Soient V_1 et V_2 les valeurs extrêmes de V correspondant aux valeurs extrêmes ω_1 et ω_2 de la vitesse angulaire, ou aux positions extrêmes du manchon du régulateur.

Je désigne par T le travail moteur maximum par seconde évalué en kilogrammètres. Soit x le temps inconnu que va mettre le manchon pour passer de sa position inférieure à sa position supérieure; on a :

$$\frac{1}{2} MV_2^2 - \frac{1}{2} MV_1^2 = T \times x.$$

Or, $T = \Phi \times 75$, en appelant Φ la force en chevaux maxima de la machine; on a donc :

$$\frac{1}{2} MV_2^2 - \frac{1}{2} MV_1^2 = \Phi \times 75 \times x,$$

ou bien :

$$\frac{1}{2} M (V_2^2 - V_1^2) = \Phi \times 75 \times x.$$

Or, le premier membre peut s'écrire :

$$\frac{1}{2} M (V_2 - V_1) (V_2 + V_1).$$

Divisons et multiplions par $\frac{V_2 + V_1}{2}$.

On peut écrire le premier membre :

$$\frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{\frac{V_2 + V_1}{2}} (V_2 + V_1) \frac{V_2 + V_1}{2}.$$

Soit W la vitesse de régime de la jante, on a :
 $W = \frac{V_2 + V_1}{2}$; substituons, le premier membre devient :

$$\frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{\frac{V_2 + V_1}{2}} \times 2W^2.$$

L'équation s'écrit alors :

$$\frac{1}{2} M \left(\frac{V_2 - V_1}{\frac{V_2 + V_1}{2}} \right) \times 2W^2 = \Phi \times 75 \times x.$$

Or :

$$\left(\frac{V_2 - V_1}{\frac{V_2 + V_1}{2}} \right) = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\frac{\omega_2 + \omega_1}{2}} = E.$$

On a donc :

$$\frac{1}{2} ME \times 2W^2 = \Phi \times 75 \times x,$$

E désignant comme d'habitude l'écart relatif de vitesse du régulateur. On en tire :

$$x = \frac{\frac{1}{2} MW^2 \times 2E}{\Phi \times 75} = \frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} \times \frac{2E}{75}.$$

Connaissant le temps x que met le manchon à passer d'une de ses positions extrêmes à l'autre et la course du manchon, que je désignerai par c , la vitesse correspondante du manchon est égale à $\frac{c}{x}$, x étant donné par la formule précédente.

Comme on le voit, cette formule, qui donne la vitesse maxima du manchon, ne fait intervenir ni le nombre de tours de la machine, ni le nombre de cylindres, ni le genre compound ou non ; elle ne dépend que de E et de

la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval de puissance maxima de la machine.

Pour que $\frac{c}{x}$ représente rigoureusement la vitesse maxima du manchon, il faut encore montrer que cette vitesse du manchon est sensiblement uniforme pendant le mouvement du manchon que nous venons de considérer; $\frac{c}{x}$ représente, en effet, la vitesse moyenne d'ascension du manchon quand sa vitesse est maxima; elle sera en même temps *vitesse maxima*, si cette vitesse est uniforme.

Pour montrer que cette vitesse est sensiblement uniforme, revenons aux formules de la première partie qui donnent la distance du manchon au sommet du régulateur ou l en fonction de la vitesse angulaire ω de rotation du régulateur ou du volant.

On a donc pour le régulateur de Watt et de Porter par exemple :

$$L = \frac{C^2}{\omega^2}$$

(la constante ne dépendant pas de ω).

Voyons maintenant comment ω , ou vitesse angulaire du volant, varie avec le temps t depuis le moment où commence l'ascension du manchon dans les conditions considérées. Nous avons supposé que le travail moteur était maximum, et le travail résistant nul. Pendant ce temps, le volant prendra naturellement un mouvement uniformément accéléré; on a donc: $\omega = A + Bt$ (A et B étant des constantes, et t le temps depuis l'origine).

$$\text{Donc on a : } l = \frac{C^2}{(A + Bt)^2}$$

Cela posé, il est évident que la vitesse du manchon à un moment quelconque est égale à $\frac{dl}{dt}$.

Pour différentier l'équation précédente posons :

$$(A + Bt) = u;$$

on a :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dl}{du} \times \frac{du}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{(différentielle d'une fonction de fonction).} \end{array} \right.$$

Or :

$$\frac{dl}{du} = d \left(\frac{C^{10}}{u^2} \right) = d (C^{10} u^{-2}) = - 2C^{10} u^{-3},$$

d'autre part :

$$\frac{du}{dt} = d (A + Bt) = B.$$

Donc :

$$\begin{aligned} \frac{dl}{dt} &= \frac{dl}{du} \times \frac{du}{dt} = (- 2C^{10} u^{-3}) \times B = - 2BC^{10} (A + Bt)^{-3} \\ \frac{dl}{dt} &= - \frac{2BC^{10}}{(A + Bt)^3} = \frac{-C'}{\omega^3}, \end{aligned}$$

C' désignant une autre constante, et ω la vitesse angulaire du volant. On voit donc que la vitesse du manchon est proportionnelle à l'inverse du cube de la vitesse angulaire du volant. La vitesse maxima du manchon aura donc lieu quand ω aura la plus faible valeur, c'est-à-dire en partant.

Si l'on considérait l'oscillation inverse du manchon, se produisant quand le travail moteur est nul et le travail résistant égal à son maximum, on arriverait à la même formule au signe près :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{+C'}{\omega^3}.$$

Dans ce cas, la vitesse maxima du manchon a lieu à la fin de sa chute.

Évaluons maintenant de combien cette vitesse maxima du manchon diffère de sa vitesse moyenne de chute.

Si Ω est la vitesse angulaire de régime du manchon, on a à la fin de la chute $\omega = \Omega \left(1 - \frac{E}{2}\right)$.

Donc la vitesse maxima du manchon est égale à :

$$\frac{C'}{\Omega^3 \left(1 - \frac{E}{2}\right)^3}.$$

Donc le maximum véritable de la vitesse est égal à la vitesse moyenne $\frac{C}{x}$ que nous avons considérée $\times \frac{1}{\left(1 - \frac{E}{2}\right)^3}$.

En réalité, ce facteur est sensiblement égal à 1, de sorte que la vitesse $\frac{C}{x}$ peut être considérée comme uniforme.

Donc $\frac{C}{x}$ représente bien le maximum de la vitesse du manchon, quoi qu'il arrive, ce qu'il fallait démontrer.

J'ai supposé que le travail moteur était égal à son maximum et qu'il pouvait être considéré comme constant dans l'intervalle d'une révolution. En réalité, comme l'indique la *fig. 3* (Pl. VIII), il atteint momentanément une valeur sensiblement supérieure à sa valeur moyenne, pendant un instant très court ; cela ferait supposer que la vitesse du manchon peut atteindre une valeur supérieure à celle que nous venons de calculer, mais il n'en est rien : 1° parce que l'instant en question est très court, ce qui ne permet pas au manchon de se lancer ; 2° parce que nous avons supposé que le travail résistant tombait à zéro, tandis qu'en réalité il ne tombe guère, en pratique, au-dessous de 1/4 de son maximum, à cause des résistances passives de la machine et de l'atelier. Il en résulte donc que la vitesse du manchon ne dépassera jamais celle que nous venons de calculer.

Il est essentiel de se rappeler que Φ représente la force motrice maxima de la machine en chevaux, quand elle

fonctionne avec le maximum de l'admission compatible avec la distribution et son mode de liaison avec le régulateur.

§ 17. — **Principe de la théorie des perturbations du deuxième genre.** — Nous allons voir maintenant comment la $\frac{1}{2}$ force vive verticale du manchon et la $\frac{1}{2}$ force vive correspondante des boules vont être amorties par les frottements et par le frein à huile, et nous en concluons la manière de calculer le régulateur, les organes de réglage, le volant et leur corrélation, de telle façon que les perturbations du deuxième genre n'aient aucun effet fâcheux sur le fonctionnement du régulateur et de la machine. Reprenons la formule précédente du § 16 :

$$x = \frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} \times \frac{2E}{75}.$$

Je désigne $\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi}$ par y ; c'est la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval de force motrice maxima de la machine ; y est la principale inconnue du problème ; il s'agit de déterminer y de telle façon que la $\frac{1}{2}$ force vive verticale du manchon du régulateur et la $\frac{1}{2}$ force vive correspondante des boules soient amorties suffisamment vite par les frottements ou le frein à huile ; la détermination de la puissance du frein est une autre inconnue à déterminer.

Je suppose d'abord que le frein ne soit pas un frein à huile, mais un frottement quelconque constant, indépendant de la vitesse du manchon, et ayant une valeur F évaluée au manchon. Le frottement des axes, des bielles

et leviers du régulateur, peut remplir ce rôle de frein, s'il est assez important.

Nous avons dit que la vitesse maxima du manchon est égale à $\frac{c}{x}$, c étant la course totale du manchon; l'équation ci-dessous peut s'écrire :

$$(1) \quad x = y \times \frac{2E}{75}, \quad \text{ou:} \quad y = x \times \frac{75}{2E}.$$

J'appellerai à l'avenir $\frac{1}{2}$ force vive *axiale* du régulateur la $\frac{1}{2}$ force vive que possède l'ensemble du régulateur dans le sens de l'axe du régulateur, quand le manchon se déplace; c'est cette demi-force vive qu'il faut amortir avec le frein. Je vais maintenant en calculer la valeur.

Définissons et évaluons à présent cette $\frac{1}{2}$ force vive axiale du régulateur, d'abord dans le cas du régulateur de Watt et de Farcot ordinaire, ensuite dans le cas où le poids des boules est négligeable par rapport au poids de la surcharge du manchon, comme dans les régulateurs divers du genre de Porter.

En ce qui concerne le poids Q du manchon avec sa surcharge, la $\frac{1}{2}$ force vive axiale est celle qui est due à la masse $\frac{Q}{g}$ et à la vitesse maxima du manchon; voyons maintenant quelle est la part des boules dans la $\frac{1}{2}$ force vive axiale du régulateur entier.

Considérons d'abord une boule M de poids P , animée dans l'espace d'un mouvement rectiligne et d'une vitesse représentée par la longueur et la direction V (*fig. 2*, pl. IX); la $\frac{1}{2}$ force vive de cette boule $= \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2$.

Décomposons la vitesse V suivant deux composantes V_1 et V_2 , suivant deux axes perpendiculaires et arbitraires situés dans le même plan que la vitesse V ; en vertu du théorème du carré de l'hypoténuse, on a la relation :

$$V^2 = V_1^2 + V_2^2,$$

ou bien :

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} V_1^2 + \frac{1}{2} \frac{P}{g} V_2^2.$$

Donc on peut dire que la demi-force vive de la boule suivant la direction de sa vitesse réelle est égale à la somme des $\frac{1}{2}$ forces vives de la même masse et avec deux vitesses égales aux composantes de la vitesse réelle.

On peut appliquer ce principe au cas d'une boule de régulateur à force centrifuge considérée pendant que le régulateur tourne et que le manchon s'abaisse en même temps. Dans ce cas, la vitesse de chaque boule est une vitesse de direction inclinée qui va en s'abaissant très légèrement ; on peut, suivant le principe précédent, décomposer cette vitesse en deux (*fig. 4*, Pl. IX) : l'une V_2 est horizontale et perpendiculaire en C au plan $O'OC$; elle n'est pas représentée sur la *fig. 4* ; l'autre V_1 est tangente en C à la circonférence décrite par la boule autour de O.

Il résulte alors du principe précédent qu'on peut remplacer la $\frac{1}{2}$ force vive $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2$ de la boule par les $\frac{1}{2}$ forces vives de la même masse $\frac{P}{g}$ et des deux vitesses composantes ci-dessus.

La composante $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V_1^2$ de la vitesse horizontale n'a pas d'influence dans le cas qui nous occupe ; elle sert à faire remplir au régulateur le rôle de petit volant s'ajoutant à l'action du grand volant de la machine,

rôle très minime d'ailleurs ; mais la composante $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V_1^2$ est une $\frac{1}{2}$ force vive qui s'ajoute à la $\frac{1}{2}$ force vive verticale du manchon pour lui donner une tendance à dépasser sa position d'équilibre, lorsqu'il s'est déplacé un peu vite.

En résumé, ce que j'appelle la $\frac{1}{2}$ force vive *axiale* du régulateur donnant lieu aux perturbations du deuxième genre est la somme de la $\frac{1}{2}$ force vive verticale du manchon et de la $\frac{1}{2}$ force vive $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V_1^2$ définie ci-dessus et comptée autant de fois qu'il y a de boules.

Cela posé, je vais établir une équation pour représenter ce fait que la $\frac{1}{2}$ force vive axiale de l'ensemble du régulateur soit détruite par l'action d'un frottement F sur une longueur λc , λc étant une fonction de la course c du manchon, aussi petite qu'on veut.

§ 18. — **Cas du régulateur de Porter.** — Examinons d'abord le cas des régulateurs genre Porter, dans lesquels P est négligeable par rapport à Q ; dans ce cas, la composante $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V_1^2$ est négligeable par rapport à la $\frac{1}{2}$ force vive du manchon ; l'équation devient donc tout simplement :

$$(2) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 = F \times \lambda c.$$

D'autre part, on a vu au § 1 que la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ due à F était donnée par la formule :

$$\frac{dn}{n} = - \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)}.$$

Or, dans le régulateur de Porter, P peut être négligé par rapport à Q ; $\frac{Pb}{a} + Q$ peut donc être remplacé par Q .

Mais il ne suffit pas que la $\frac{1}{2}$ force vive axiale du régulateur soit amortie sur une fraction λc très petite de la course du manchon; ce serait toujours facile à obtenir avec un frein puissant; il faut encore que ce frein, par sa puissance même, ne trouble pas sensiblement la marche du régulateur; pour cela, il faut que la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ due au frein F soit une fraction donnée μ de l'écart relatif de vitesse du régulateur, ou $\frac{dn}{n} = \mu \times E$; substituons, il vient :

$$(3) \quad \mu \times E = \frac{F}{2Q}.$$

Les équations (1), (2), (3) ont trois inconnues x , y , F , qu'il est facile de déterminer; alors y sera connu, et le problème sera résolu.

De (3) on tire : $F = 2Q\mu E$.

Substituons dans (2); il vient :

$$\frac{1}{2} \frac{Q}{g} \frac{c^2}{x^2} = 2Q\mu E\lambda c,$$

ou bien :

$$\frac{c}{gx^2} = 4\lambda\mu E, \quad \text{ou:} \quad c = 4g\lambda\mu Ex^2,$$

ou :

$$x^2 = \frac{c}{4g\lambda\mu E}, \quad \text{d'où:} \quad x = \sqrt{\frac{1}{4g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E}}.$$

Reprenons l'équation $y = x \times \frac{75}{2E}$ du paragraphe précédent et remplaçons dans cette équation x par sa valeur :

$$y = \sqrt{\frac{1}{4g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E}} \times \frac{75}{2E} = \frac{75}{4} \sqrt{\frac{1}{g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}}.$$

Telle est l'équation qui donne la demi-force vive du volant par cheval de puissance maxima de la machine, à la vitesse normale de régime ; elle permet de calculer le poids du volant.

En prenant pour unités, comme dans tout le mémoire, le mètre, le kilogramme et la seconde, et remplaçant y par sa valeur, l'équation devient :

$$(4) \quad y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}}.$$

Telle est ma nouvelle formule générale de la corrélation ; elle donne la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval en fonction de l'écart relatif de vitesse E du régulateur qu'on s'est donné suivant la régularité qu'on désire obtenir ; plus les fractions λ et μ seront choisies petites, et plus les perturbations du deuxième genre seront insensibles. La vitesse maxima du manchon qui a servi de base à tous ces calculs correspond, ne l'oublions pas, à l'hypothèse la plus défavorable qui puisse se présenter. Faisons $\lambda = 0,25$ et $\mu = 0,33$ par exemple ; on voit alors que le frein arrêtera le manchon sur une longueur égale à $\frac{1}{4}$ de la course du manchon, dans cette hypothèse très défavorable. Cherchons maintenant à étudier de plus près la perturbation du manchon. Si le travail résistant tombait à zéro réellement, le manchon sauterait de toute sa course dans la première oscillation, puisque x a été justement calculé pour cela. Mais, en réalité, nous avons fait remarquer que le travail résistant ne descend jamais au-dessous de $\frac{1}{4}$ de son maximum, à cause des résistances passives de la machine et de l'atelier. Donc la nouvelle position d'équilibre du manchon sera à $\frac{1}{4}$ de la course à partir du haut,

ou $\frac{3}{4}$ à partir du bas ; cette position sera dépassée, à cause de l'élan, d'une longueur égale à $\frac{1}{4}$ de la course, en supposant $\lambda = 0,25$. Donc le manchon arrivera juste en haut de sa course une fois la première oscillation arrêtée par le frein. Nous avons dit que les valeurs de $\lambda = 0,25$ et $\mu = 0,33$ étaient convenables pour la pratique. Il ne faudrait pas choisir pour ces coefficients des valeurs trop supérieures à ces chiffres : on s'exposerait d'abord à une première oscillation trop brusque du manchon ; ensuite, les oscillations qui suivent la première, au lieu d'aller en diminuant rapidement, pourraient durer indéfiniment.

Si la vitesse du manchon dans une perturbation n'était égale qu'à la moitié du maximum que nous avons calculé, ce qui est le cas de la pratique courante, le manchon aurait une $\frac{1}{2}$ force vive quatre fois plus faible ; il serait donc arrêté par le frein sur une longueur quatre fois plus faible ou $\frac{1}{16}$ de la course du manchon, longueur insignifiante.

Dans toute la théorie qui précède, j'ai considéré l'hypothèse la plus défavorable, dans laquelle le travail résistant est nul et le travail moteur maximum pendant tout le temps que le manchon passe de sa position inférieure à sa position supérieure ; il y a encore une autre hypothèse aussi défavorable ; c'est celle dans laquelle le travail moteur est supposé nul et le travail résistant maximum pendant tout le temps que le manchon passe de sa position supérieure à sa position inférieure. Cette hypothèse donne naturellement lieu aux mêmes calculs, aux mêmes formules et aux mêmes observations, de sorte qu'il est inutile de s'y arrêter plus longtemps.

Revenons maintenant à la formule (4) ci-dessus, et terminons le calcul.

La puissance du frein est donnée par la formule (3), ou :

$$(5) \quad \frac{F}{Q} = 2\mu E.$$

Il est essentiel de remarquer que cette formule donne la valeur du frein F en fonction de Q ; la valeur *absolue* de Q , ainsi que celle de F , se calcule d'après les perturbations du troisième genre, comme on le verra aux § 25 et suivants.

Faisons une explication numérique de la formule (4) :

$$\lambda = 0,25, \quad \mu = 0,33, \quad E = 0,05, \quad \text{et : } c = 0^{\text{m}},06.$$

On a :

$$y = 6 \sqrt{\frac{0,06}{0,25 \times 0,33 \times (0,05)^3}} = 458.$$

Donc il faut une demi-force vive du volant par cheval égale à 458 kilogrammètres pour que λ ne soit égal qu'à 0,25 et μ égal à 0,33.

Ce chiffre de 458 n'est pas exagéré ; on verra, § 36, qu'il est analogue à celui qu'on adopte généralement dans les machines bien réglées ; cette remarque est très importante ; on pourrait supposer, en effet, que ma théorie a une tendance à donner des chiffres un peu forts pour le poids du volant, puisque cette théorie a pour point de départ l'hypothèse la plus défavorable ; on voit qu'il n'en est rien, et qu'elle donne une valeur du volant tout à fait modérée ; on verra même plus loin comment, avec des régulateurs à poids et à ressorts, j'arrive à montrer qu'on peut employer des volants moindres que ceux qu'on emploie habituellement, en donnant cependant à la machine une régularité de marche meilleure que celle qui a été obtenue jusqu'à ce jour.

Nous avons supposé que F représentait un frottement constant indépendant de la vitesse du manchon. Le frein

à huile donne une valeur de F variable et proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement du manchon ; pour qu'il arrête le manchon sur une même longueur de course que l'effort F , il faut qu'il donne au début une résistance supérieure à F , résistance qui va en décroissant jusqu'à zéro. Sa puissance devra être telle qu'il offre un même travail résistant total que la valeur $F \times \lambda c$ avec le même chemin parcouru λc . Il y aura donc, au début, une perturbation relative de vitesse un peu supérieure à celle qui entre dans les calculs précédents ; mais peu importe, puisque l'effet du frein à huile va en décroissant à mesure que la vitesse du manchon diminue ; le manchon ne sera alors plus du tout troublé par le frein à huile lorsque le manchon se rapprochera de sa position d'équilibre, et l'oscillation s'arrêtera ; le frein à huile est donc encore plus favorable que le frein constant F .

Au premier abord, on peut trouver que j'ai choisi pour les fractions λ et μ une valeur un peu forte en les prenant égales à 0,25 et 0,33, mais il n'en est rien, car il ne faut pas oublier que je me suis placé dans l'hypothèse la plus défavorable, qui ne se réalise presque jamais. Cependant je ne conseillerai pas de prendre ces valeurs de 0,25 et 0,33 dans tous les cas possibles ; c'est une moyenne : on peut prendre un peu moins ou un peu plus, suivant que les variations du travail résistant de l'atelier doivent être plus ou moins grandes.

Je ne saurais trop répéter que, quand je parle de la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval, il s'agit de la force en chevaux *maxima* de la machine correspondant à la position inférieure du manchon du régulateur. Cela montre qu'il faut avoir bien soin de régler cette force motrice maxima en rapport avec l'atelier, sans qu'elle soit trop supérieure au maximum du travail résistant évalué en chevaux ; sans cela la formule (4) obligerait à donner au volant un poids

exagéré. J'insiste sur cette remarque, car elle est destinée à changer les habitudes de certains constructeurs de machines Corliss; la pratique leur a déjà montré, d'ailleurs, depuis quelques années, qu'il est mauvais de donner une trop grande valeur au maximum de la force en chevaux; cette habitude fâcheuse a donné de véritables insuccès dans la régularisation, en exposant le régulateur à des oscillations lentes déplorables dans la pratique.

§ 19. — **Cas des régulateurs de Watt et de Farcot.** — S'il s'agissait, non plus d'un régulateur de Porter, mais d'un régulateur de Watt et de Farcot, alors P ne serait plus négligeable par rapport à Q ; dans ce cas, nous allons reprendre la même théorie en suivant le même plan.

Dans ce cas, l'équation (1) subsiste, ou :

$$(1) \quad y = x \times \frac{75}{2E}.$$

L'équation (2) a la même forme qu'au paragraphe précédent, mais il faut tenir compte, non seulement de la $\frac{1}{2}$ force vive axiale du manchon du régulateur, mais aussi de la composante $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2_1$, de la $\frac{1}{2}$ force vive des boules qui a été définie au paragraphe précédent.

Pour cela je désigne par c' le chemin parcouru par une boule sur la circonférence AB (Pl. IX, *fig.* 4) pendant que le manchon parcourt sa course totale c ; quand le manchon prend la vitesse $\frac{c}{x}$, il en résulte que la vitesse

considérée de chaque boule est égale à $\frac{c}{x} \times \frac{c'}{c} = \frac{c'}{x}$.

Donc la composante en question de la $\frac{1}{2}$ force vive des

deux boules est :

$$\frac{1}{2} \times \frac{2P}{g} \times \frac{\dot{c}^2}{x^2} = \frac{P}{g} \times \frac{c^2}{x^2}.$$

Donc l'équation (2) du paragraphe précédent devient ici :

$$(2) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 + \frac{P}{g} \left(\frac{c'}{x} \right)^2 = F\lambda c.$$

Cette équation est, comme on le voit, basée sur le principe de la décomposition de la $\frac{1}{2}$ force vive des boules, principe exposé au § 18 ; mais ce principe a été établi en supposant que la $\frac{1}{2}$ force vive des boules est arrêtée très vite dans un déplacement élémentaire rectiligne, c'est-à-dire pendant une très petite fraction de révolution du régulateur autour de son axe vertical. Ici, au contraire la $\frac{1}{2}$ force vive axiale n'est arrêtée que pendant une rotation de plusieurs révolutions du régulateur, mais le même principe de décomposition s'applique encore ; en effet, on peut partager la rotation complète en n parties, comprenant chacune une très petite fraction de révolution ; comme le principe de la décomposition s'applique à chacune de ces n parties, il en résulte qu'il s'applique aussi à la totalité.

Passons à l'équation (3) du paragraphe précédent, elle devient ici :

$$\mu E = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)},$$

d'où l'on tire :

$$F = 2\mu E \times \left(P \frac{b}{a} + Q \right).$$

Substituons dans l'équation (2) ci-dessus ; il vient :

$$\frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 + \frac{P}{g} \left(\frac{c'}{x} \right)^2 = 2\lambda\mu Ec \left(P \frac{b}{a} + Q \right).$$

Cette équation peut s'écrire :

$$\frac{1}{2} \left(\frac{c}{x} \right)^2 \left[Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right] = 2\lambda\mu Ec \left(P \frac{b}{a} + Q \right);$$

d'où l'on tire :

$$c \left[Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right] = 4gx^2\lambda\mu E \left(P \frac{b}{a} + Q \right);$$

d'où :

$$x^2 = \frac{c}{4g\lambda\mu E} \times \frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q};$$

d'où :

$$\begin{aligned} x &= \sqrt{\frac{c}{4g\lambda\mu E}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{4g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}. \end{aligned}$$

Substituons dans l'équation (1) ; il vient :

$$\begin{aligned} y &= x \times \frac{75}{2E} = \frac{75}{4\sqrt{g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}, \\ y &= 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}} = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{1 + 2 \frac{P}{Q} \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{1 + \frac{b}{a} \cdot \frac{P}{Q}}}. \end{aligned}$$

Telle est la valeur y de la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par

force de cheval ; elle est de la même forme que la formule (4) du § 18, à part un radical de plus, qui est une fonction très simple des valeurs données :

$$\frac{P}{Q}, \quad \frac{b}{a}, \quad \frac{c'}{c}.$$

Il est assez remarquable de voir que les poids P et Q n'entrent ici que par leur rapport, et non par leur valeur absolue.

§ 20. — **Discussion de la formule de la corrélation.** — Reprenons la formule générale :

$$y = \frac{75}{4\sqrt{g}} \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}.$$

Je vais maintenant montrer quelles conséquences importantes on doit en tirer au point de vue de l'influence de la forme du régulateur sur le poids qu'il faut donner au volant.

Tout d'abord voici quelles sont les conclusions qui résultent du premier radical, ou :

$$\sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}}.$$

On voit que la $\frac{1}{2}$ force vive du volant est proportionnelle à la racine carrée de la course du manchon ; il en résulte qu'il faut diminuer cette course autant que possible ; il ne faut cependant pas le faire trop, parce que, dans ce cas, les jeux des pièces articulées nuiraient à la précision ; d'autre part, on verra plus loin que le poids des boules P et du manchon Q, c'est-à-dire la puissance du régulateur, doit être d'autant plus grand que la course

c est plus petite ; pour ces deux motifs, il ne faut donc pas descendre au-dessous d'une certaine limite pour la valeur de c .

D'autre part, y est proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{E^3}}$; il en résulte que

le volant doit être d'autant plus fort que l'écart relatif de vitesse E du régulateur est plus faible ; ce fait résulte également des formules des perturbations du premier et du quatrième genres, qui contiennent E en dénominateur. Donc pour trois motifs de la plus haute importance, le volant doit être d'autant plus fort que E est plus petit, et mes formules des perturbations du premier genre, quatrième genre, et surtout du deuxième genre, montrent exactement la relation qui doit exister. C'est là, je le répète, le point capital de ce mémoire. Si E était égal à zéro, c'est-à-dire si le régulateur était isochrone, il faudrait un volant infini. Voilà pourquoi les constructeurs qui ont voulu adopter des régulateurs entièrement isochrones, suivant les théories anciennes, ont entièrement échoué dans la pratique ; ces théories, comme on le voit, n'étudiaient qu'un côté de la question, en négligeant l'importance considérable des perturbations. J'insiste particulièrement sur ce point, parce que l'ancienne méthode est encore enseignée un peu partout, et je crois qu'il y aurait intérêt à modifier cet enseignement.

Poussons maintenant l'étude plus loin et voyons ce qui arriverait si, malgré mes indications, l'on mettait un volant inférieur à celui qui résulte de la formule ci-dessus des perturbations du deuxième genre. Cette formule s'appliquerait encore, mais à condition que λ ou μ fussent plus grands que les chiffres que j'ai indiqués. Dans ce cas, de deux choses l'une : ou bien le régulateur n'aura qu'un frein à huile nul ou faible, ou bien il en aura un puissant.

Dans le premier cas, λ sera sensiblement supérieur à 0.25, et même bien supérieur à 1, si le volant est beau-

coup trop faible par rapport à E ; il y aura alors des oscillations rapides et désordonnées du régulateur et de la vitesse de la machine. Dans le deuxième cas, je suppose qu'on mette au régulateur un frein assez puissant pour que la force vive axiale soit amortie pendant une fraction de la course c aussi petite qu'on veut ; autrement dit, λ peut encore être inférieur à 1 et rester égal à 0,25, si l'on veut, comme dans l'exemple numérique ci-dessus ; mais alors μ devra être sensiblement inférieur au chiffre de 0,33 de notre exemple numérique ; il devra même être sensiblement supérieur à l'unité, si le volant est beaucoup trop petit eu égard à la valeur de E ; en d'autres termes, il se produira des oscillations lentes du régulateur et de la vitesse ; les variations de la vitesse seraient d'autant plus grandes que μ serait plus grand ; la marche de la machine serait déplorable. Cet inconvénient se produit très souvent ; en effet, les constructeurs, suivant les anciens errements, calculent souvent le volant d'après la formule des oscillations du premier genre seulement ; puis, ils choisissent un régulateur à la mode du jour, souvent sensiblement isochrone, qui leur donne une très faible valeur de E ; ils lui adjoignent un frein à huile et ils s'imaginent que, en réglant à la main le frein à huile, ils éviteront les oscillations ; c'est, comme on le voit, une erreur grave, et il faut de toute nécessité se conformer à la relation qui doit exister entre le régulateur, le volant, le frein à huile et la distribution, comme le montrent mes formules.

Comme le radical $\sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}}$ existe dans la formule avec tous les genres de régulateurs à force centrifuge, ainsi qu'on le verra plus loin, on voit donc que les conclusions importantes qui précèdent s'appliquent à tous les genres de régulateurs connus ou à découvrir.

Examinons maintenant les conséquences qui résultent

du second radical, ou :

$$\sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}.$$

Nous allons chercher quelle est la forme de régulateur qui donne la plus faible valeur de ce radical, c'est-à-dire quelle est la forme qui permet de donner à la machine le plus petit volant, à égalité de valeur de E , de c , de λ et de μ .

À cet effet, je vais comparer les trois formes de régulateurs auxquels cette formule s'applique, c'est-à-dire :

1° Le régulateur de Porter (Pl. VII, *fig.* 2);

2° Le régulateur de Watt sans surcharge du manchon (Pl. VII, *fig.* 5);

3° Le régulateur du regretté Rolland, membre de l'Institut (Pl. IX, *fig.* 3). Ce régulateur avait été imaginé par Rolland pour diminuer le plus possible l'influence de l'inertie des masses du régulateur.

Je vais faire une application numérique du second radical à chacun de ces régulateurs.

1° Appliquons d'abord au régulateur de Porter; le radical est égal à 1, si P est suffisamment petit par rapport à Q .

2° Appliquons au régulateur de Watt.

Faisons :

$$E = 0,05, \quad c = 0,06.$$

La distance L du sommet du régulateur au milieu de la course est donnée par la formule (§ 2) :

$$L = \frac{c}{2E} = \frac{0,06}{2 \times 0,05} = 0^m,60.$$

Faisons :

$$a = 0^m,37, \quad b = 0^m,58.$$

Désignons par L_1 et L_2 les valeurs extrêmes de L ; on a :

$$L_2 = 0^m,60 - 0,03 = 0^m,57$$

$$L_1 = 0^m,60 + 0,03 = 0^m,63.$$

Or, on a :

$$L_1 = 2a \cos \alpha_1$$

d'où :

$$\cos \alpha_1 = \frac{L_1}{2a} = \frac{0,63}{2 \times 0,37} = 0,85;$$

d'où :

$$\alpha_1 = 32^\circ.$$

On a :

$$L_2 = 2a \cos \alpha_2,$$

d'où :

$$\cos \alpha_2 = \frac{L_2}{2a} \times \frac{0,57}{2 \times 0,37} = 0,77;$$

d'où :

$$\alpha_2 = 39^\circ \frac{1}{2},$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 39^\circ \frac{1}{2} - 32 = 7^\circ \frac{1}{2},$$

$$c' = 2\pi b \times \frac{7^\circ \frac{1}{2}}{360} = 0^m,076.$$

Cela posé, le radical devient avec le régulateur de Watt :

$$\sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}} = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{\frac{b}{a}}},$$

puisque Q est très petit par rapport à P .

Remplaçons c , c' , b , a , par leurs valeurs; il vient :

$$\sqrt{\frac{2 \times \left(\frac{0,076}{0,060}\right)^2}{\left(\frac{0,58}{0,37}\right)}} = 1,44.$$

Ainsi avec le régulateur de Watt de notre exemple

numérique, le second radical est égal à 1,44 ; en d'autres termes, le volant de la machine doit être plus fort de 44 p. 100 qu'avec le régulateur de Porter.

Cette conclusion a une importance considérable ; elle montre qu'il faut absolument abandonner le régulateur de Watt et donner la préférence à celui de Porter, comme le font aujourd'hui la plupart des constructeurs. Il faut aussi que, dans le régulateur de Porter, P soit très petit par rapport à Q ; il ne faut pas cependant exagérer dans cette voie, car alors la vitesse de rotation du régulateur deviendrait trop forte ; il en résulterait qu'en cas de rupture des bielles, les boules seraient lancées dans l'atelier avec une vitesse énorme, comme de véritables projectiles. Appliquons maintenant le deuxième radical au régulateur de Rolland (Pl. IX, *fig.* 3).

Supposons que $b = \frac{a}{2} = \frac{0,37}{2}$. Conservons toutes les autres dimensions ; on a :

$$c' = 2\pi \frac{a}{2} \times \frac{7^{\circ},5}{360} = 0,024.$$

Le deuxième radical devient :

$$\sqrt{\frac{2 \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{\frac{b}{a}}} = \sqrt{\frac{2 \times \left(\frac{0,024}{0,060}\right)^2}{\frac{1}{2}}}, \text{ ou } 0,80.$$

Ainsi avec le régulateur de Rolland de notre exemple numérique, le second radical est égal à 0,80 ; en d'autres termes, le volant de la machine peut être de 20 p. 100 inférieur à celui qui est nécessaire avec le régulateur de Porter.

Le régulateur de Rolland est donc théoriquement très avantageux ; malheureusement les formules de la puissance du régulateur montrent qu'il est peu puissant ; il

faudrait des boules énormes pour lui donner la puissance voulue, surtout avec de fortes machines; c'est ce qui fait que cet appareil n'a pas été employé dans la pratique. Il était bon cependant de le mentionner ici, d'abord à cause de son intérêt historique, puis pour montrer comment ma formule permet de faire facilement la comparaison des formes diverses de régulateurs.

En faisant des études analogues pour les régulateurs de Farcot, Andrade, Proëll, etc., on montrerait qu'il est toujours plus avantageux d'obtenir la puissance du régulateur avec un manchon surchargé et de petites boules, qu'avec un manchon sans surcharge et de grosses boules; le régulateur doit alors être à grande vitesse, comme celui de Porter. Quand on le peut, il est bon de mettre les boules au croisement des bielles, comme dans le régulateur de Porter; cette disposition a l'avantage de ne faire travailler les bielles qu'à l'extension, et non à la flexion; elle diminue donc les chances de rupture des bielles, ruptures qui peuvent causer des accidents, comme je l'ai fait remarquer.

§ 21. — **Cas des régulateurs à boules, à poids et à ressorts, et du régulateur dans le volant.** — J'arrive à un cas très important: c'est celui des régulateurs à boules, à poids et à ressorts, comme le cas du régulateur représenté par la *fig. 9* (Pl. VII).

Ce cas a une grande importance, parce que son emploi permettrait d'améliorer les conditions de régularisation des machines Corliss et des machines analogues, en constituant un progrès dans l'établissement des régulateurs de ces machines.

Je suppose d'abord que P soit très petit à côté de Q et de R (Q désignant le poids du manchon, et R la compression moyenne du ressort).

Je vais de nouveau poser les trois équations du § 18,

en les modifiant d'après les conditions du nouveau régulateur considéré.

L'équation (1) est encore :

$$x = y \times \frac{E}{38}.$$

ou bien :

$$(1) \quad y = x \times \frac{38}{E}.$$

L'équation (2) est encore :

$$(2) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 = F \lambda c.$$

L'équation (3) devient :

$$(3) \quad \mu E = \frac{F}{2 (Q + R)};$$

d'où l'on tire :

$$F = 2\mu E (Q + R).$$

Substituons dans (2); il vient :

$$\frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 = 2\lambda\mu E (Q + R) c,$$

ou bien :

$$\frac{Qc}{2gx^2} = 2\lambda\mu E (Q + R);$$

d'où :

$$x^2 = \frac{Qc}{4g\lambda\mu E (Q + R)}.$$

ou :

$$x = \sqrt{\frac{Qc}{4g\lambda\mu E (Q + R)}}.$$

Substituons dans (1), il vient :

$$y = \frac{38}{E} \sqrt{\frac{Qc}{4g\lambda\mu E (Q + R)}},$$

$$(4) \quad y = 6 \sqrt{\frac{C}{\lambda\mu E^3}} \times \sqrt{\frac{Q}{Q + R}}.$$

Telle est la valeur y de la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval dans ce cas ; elle a la même forme qu'au § 18, multipliée par la valeur $\sqrt{\frac{Q}{Q + R}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{R}{Q}}}$

Dans ce qui précède on suppose que le poids P des boules est très petit par rapport au poids Q du manchon. Mais il peut arriver que l'on ait recours à un régulateur à ressort dans lequel P est du même ordre de grandeur que Q , et même plus fort, Q se réduisant au poids d'une pièce légère, comme dans le régulateur de Watt.

Dans ce cas les formules (1) et (2) sont les mêmes, mais la formule (3) devient :

$$\mu E = \frac{F}{\left[2P \frac{b}{a} + Q + R \right]}.$$

Il en résulte qu'en faisant les mêmes calculs on arrive à la formule suivante :

$$(4 \text{ bis}) \quad y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q + R}}$$

Telle est la formule de la corrélation dans le cas d'un régulateur à ressort, P n'étant pas négligeable par rapport à Q . Le frein à l'huile se calcule comme ci-dessus.

Il résulte de cette formule que y est d'autant plus petit que R est plus grand par rapport à Q .

En résumé l'emploi de mon régulateur de la *fig. 9* (Pl. VII) réaliserait donc un progrès pour la régulation des machines Corliss et analogues. Mais ce n'est pas le seul qui permette d'obtenir ce résultat. On pourrait employer des régulateurs à ressort du genre du régulateur de Tangye

et analogues, avec frein à huile. On trouvera sans doute des dispositions excellentes dans cet ordre d'idées.

Dans le cas du régulateur dans le volant du § 9, nous avons trouvé pour la puissance du régulateur la formule :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{f}{4F \left(\frac{c'}{c}\right)},$$

qui devient ici :

$$\mu E = \frac{F}{4R \left(\frac{c'}{c}\right)}.$$

En faisant les mêmes calculs, on trouve :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{2R \left(\frac{c'}{c}\right)}};$$

Q, poids du manchon ;

P, poids des contrepoids ;

R, compression moyenne des ressorts ;

c', course des contrepoids ; et c, course du manchon.

Il résulte de cette formule que plus R est grand par rapport à Q, plus y est petit.

On voit donc quel grand avantage ont les régulateurs à ressorts ; ils permettent d'employer des volants plus petits, tout en évitant les perturbations du deuxième genre ; il y a donc un grand intérêt à les adopter dans la pratique, soit pour diminuer les volants des machines actuelles, soit pour permettre d'employer un régulateur ayant un écart de vitesse E plus faible que dans la machine Corliss actuelle. On les munirait d'un frein à huile calculé comme il est dit ci-dessus. On aurait alors une régularité de marche merveilleuse, supérieure à ce qui a été réalisé jusqu'à présent. J'insiste tout particulièrement sur ce point, qui est fondamental. Il y a lieu de remarquer que

mon régulateur de la *fig. 9* (Pl. VII) permet précisément d'adopter une faible valeur de E , comme on l'a vu au § 7, avec des dimensions modérées; il serait bon de laisser au manchon une certaine masse, pour mieux résister au choc des organes de déclic, tout en laissant au ressort une grande puissance; on peut, par exemple, faire Q égal à R dans ce régulateur; il est préférable de réserver, pour les régulateurs à valve, les régulateurs à ressorts qui n'emploient que des boules et un manchon de masse insignifiante.

En résumé, il y a un progrès à réaliser dans la régulation des machines Corliss, en employant des régulateurs à ressort.

IV. — THÉORIE DES PERTURBATIONS DU TROISIÈME GENRE DE LA POSITION DU MANCHON DU RÉGULATEUR.

(Cette théorie, entièrement nouvelle, est exposée aux § 22 à 29 suivants. Je l'ai imaginée à la suite de mes recherches faites depuis 1888 et pour répondre à la question posée par l'Académie.)

§ 22. — **Définition des perturbations du troisième genre.** — J'appellerai perturbations du troisième genre de la position du manchon du régulateur toutes celles qui résultent des frottements du régulateur lui-même et des diverses réactions de l'organe de déclic, au moment où a lieu la rencontre de cet organe avec la touche (*fig. 1*, Pl. IX).

§ 23. — **Action des frottements du régulateur.** — On cherche à rendre aussi petits que possible les frottements du régulateur, et le meilleur moyen est de construire l'appareil avec soin, pour qu'il n'y ait pas de jeu dans les articulations et en laissant aux axes un jeu largement suffisant. Malgré tout, il reste de légers frottements. Soient f ces frottements, et a le rapport de son chemin

parcouru au chemin parcouru c par le manchon du régulateur pendant sa course totale ; ce chemin parcouru par le frottement f est donc égal à $a \times c$; le travail du frottement considéré est égal à $f \times a \times c$.

La somme du travail de tous les frottements du régulateur est égale à :

$$\Sigma f.a.c = c\Sigma f.a.$$

Je désigne Σfa par F_0 ; c'est ce que j'appellerai la somme des frottements du régulateur, évaluée au manchon.

Cela posé, supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse du régulateur de Watt, ou de Porter, ou de Farcot, ou encore du régulateur à points de suspension séparés.

Dans ces divers cas, nous avons trouvé dans la première partie la formule suivante :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F_0}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)},$$

$\frac{dn}{n}$ étant la perturbation relative de vitesse due à l'effort F_0 , évaluée au manchon du régulateur.

Pour que la perturbation due à F_0 n'ait pas d'influence fâcheuse sur la régularisation de la marche de la machine, il faut et il suffit que $\frac{dn}{n}$ soit sensiblement plus petit que l'écart relatif de vitesse E du régulateur ; il faut donc que :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F_0}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)} = \delta E,$$

δ désignant une fraction de l'unité qu'il convient de choisir assez faible ; on prendra par exemple, dans la pratique,

$\varepsilon = \frac{1}{10}$. En appliquant cette formule dans la pratique, on verra qu'elle est toujours aisément remplie, si le régulateur est bien construit, c'est-à-dire si les pièces se meuvent aisément. Il est donc à peine nécessaire de faire le calcul de cette formule dans la pratique courante. Cependant, il est bon de le faire pour certains régulateurs, comme celui d'Andrade, ou de Tangye, qui donnent lieu à quelques glissements de pièces entre elles.

§ 24. — **Réaction de l'organe du déclic sur le manchon du régulateur.** — Nous arrivons à l'action perturbatrice, plus grave, de l'organe du déclic sur le manchon du régulateur, au moment de la rencontre de cet organe avec la touche.

Si nous nous reportons à la *fig. 1* (Pl. IX), on voit que ces réactions sont de deux espèces, que nous allons étudier séparément.

Je désigne par e le chemin très court parcouru par le point Q pendant que la touche agit sur la partie EG de l'organe de déclic, depuis le commencement de la rencontre jusqu'au moment précis où a lieu la rupture entre B et D. Cela posé, je désigne par f l'effort qu'il faudrait exercer au point Q perpendiculairement à la surface EG pour produire à la main la séparation des pièces B et D; la valeur de f peut se calculer aisément; en effet, désignons par t l'effort de compression subie par la tige AB à cet instant, effort facile à évaluer d'après la forme des distributeurs d'admission de vapeur; la valeur de f est égale à $t \times \frac{1}{20}$, $\frac{1}{20}$ étant le coefficient de frottement des deux pièces B et D graissées.

On peut encore mesurer f sur une machine Corliss existante, au moyen d'un petit dynamomètre, ce qui dispense de se rendre compte de la valeur de t .

On voit, en passant, que le travail absorbé par le déclic est bien faible, puisque f est faible et que le chemin parcouru e est très petit ; on le rend aussi petit que possible en disposant les pièces B et D en conséquence.

Cela posé, on voit que la touche Q devra d'abord subir un effort égal à f et normal à la surface EG, pour que le déclic se produise.

En outre, la touche subira un autre effort tangent à la surface et dû au frottement de l'effort f , soit environ $\frac{f}{20}$;

si la surface est bien graissée, nous négligerons cet effort ; jusqu'à présent, nous négligeons l'inertie de l'organe de déclic ; nous en reparlerons plus loin.

En résumé, nous avons donc à tenir compte d'un effort connu f , perpendiculaire à la surface EG et s'exerçant sur une longueur du chemin parcouru e .

Il en résulte un premier travail $f \times e$ qui tend à déplacer le manchon du régulateur.

Mais ce n'est pas tout : en effet, nous avons négligé l'inertie de l'organe de déclic en le supposant infiniment léger. Ce n'est pas le cas de la pratique. Sans doute, on peut rendre cet organe bien léger, mais son poids n'est pas négligeable ; cela dépend du type de machine adopté ; mais, quoi qu'il en soit, je le répète, il faut évaluer par le calcul l'influence de cette réaction de l'organe de déclic.

Je désigne par ω' la vitesse angulaire que l'organe de déclic a prise autour de son axe E au moment de la rupture du déclic ; cette vitesse ne doit pas être confondue avec la vitesse de translation de l'ensemble du système mobile ; c'est la vitesse relative due à la rotation de l'organe de déclic autour de l'axe E.

Cette vitesse angulaire est facile à calculer en faisant l'étude cinématique de l'organe de déclic, pendant la rupture. Désignons par i le moment d'inertie de l'organe de

déclat ; il est clair que la $\frac{1}{2}$ force vive que l'organe de déclat aura prise sous l'action du choc est égale à $\frac{i}{2} \omega'^2$; pour simplifier les calculs à effectuer, je désignerai par f'' la force qu'il faudrait appliquer en Q à l'organe de déclat avec le chemin parcouru e , pour produire la $\frac{1}{2}$ force vive $\frac{i}{2} \omega'^2$, la relation étant naturellement :

$$\frac{i}{2} \omega'^2 = f'' \times e, \quad \text{ou :} \quad f'' = \frac{i}{2e} \omega'^2.$$

Donc on peut dire qu'il se produit un deuxième travail $f'' \times e$ qui tend à déplacer le manchon, de sorte qu'au total les réactions de l'organe de déclat sur le manchon sont représentées par le travail $(f' + f'') \times e$, expression dans laquelle f' , f'' sont connues.

§ 25. — **Cas du régulateur de Porter et analogues.** — Il faut maintenant trouver la puissance qu'il faut donner au frein à huile et au régulateur pour qu'ils ne soient pas troublés par l'influence de $(f' + f'') e$, dont il vient d'être question. Le raisonnement va être absolument analogue à celui qui nous a guidé dans l'étude des perturbations du deuxième genre. Je suppose qu'il s'agisse, non d'un frein à huile, mais d'un frein F à action constante, comme celui que donnerait un frottement.

Les réactions de l'organe de déclat représentées par le travail $(f' + f'') e$ produisent un déplacement des boules du régulateur, d'où une force vive axiale de cet organe ; cette force vive est ensuite absorbée par le frein ; si nous négligeons la force vive perdue dans le choc, hypothèse défavorable, il faut que le travail absorbé par le frein soit égal à $(f' + f'') e$; soient F sa puissance, et λc son che-

min parcouru, en fonction de la course du manchon ;
comme dans l'étude des perturbations du deuxième genre,
on a :

$$F \times \lambda c = (f' + f'') e, \quad \text{d'où: (1)} \quad F = \frac{(f' + f'') e}{\lambda c}.$$

D'autre part, il faut que la perturbation relative de
vitesse due à la présence du frein constant F soit sen-
siblement inférieure à E , ou égale à $E \times \mu$, en conser-
vant toujours les mêmes notations ; on a donc :

$$\text{(formule 5 du § 18)} \quad \mu E = \frac{F}{2Q} ;$$

on tire de cette formule, en remplaçant F par sa valeur :

$$(2) \quad Q = \frac{F}{2\mu E} = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda \mu E c}.$$

Telles sont les formules qui donnent les valeurs de F et
de Q qu'on se proposait de trouver.

Si le frein, au lieu d'être un frein constant, est un frein
à huile, le frein à huile devra avoir comme ci-dessus une
puissance telle que son travail absorbé soit égal à $F \times \lambda c$
avec le même chemin parcouru λc ; c'est très facile à
obtenir en le réglant par tâtonnements.

§ 26. — **Cas du régulateur de Watt et de Farcot.** — On a
encore dans le cas du régulateur de Watt et de Farcot :

$$(1) \quad F = \frac{(f' + f'') e}{\lambda c} ;$$

d'autre part, on a, en appliquant la formule de la puis-
sance du régulateur :

$$(2) \quad \mu E = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)}.$$

Examinons maintenant deux cas pour la formule (2).

1° $Q = 0$. — Dans ce cas, la formule (2) devient :

$$\mu E = \frac{F}{2P \frac{b}{a}}, \quad \text{d'où :} \quad P = \frac{F}{2\mu E \left(\frac{b}{a}\right)},$$

ou bien :

$$P = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec \left(\frac{b}{a}\right)};$$

2° Q n'est pas nul. — Dans ce cas, posons $\frac{P}{Q} = A$; il vient :

$$\mu E = \frac{F}{2Q \left(A \frac{b}{a} + 1\right)},$$

d'où l'on tire :

$$Q = \frac{F}{2E\mu \left(A \frac{b}{a} + 1\right)},$$

$$Q = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec \left(A \frac{b}{a} + 1\right)}$$

(A est un rapport qu'on se fixe arbitrairement, comme on le sait). Tout est donc connu.

§ 27. — **Cas des régulateurs quelconques à boules et à poids.** — Il est facile d'appliquer la même méthode à tous les régulateurs quelconques à boules et à poids.

On arriverait à une formule analogue, comme on le verra dans la septième partie.

§ 28. — **Cas des régulateurs à boules, à poids et à ressorts, et des régulateurs dans le volant.** — Pour les régulateurs à boules et à ressorts, à axe vertical, les formules deviendraient :

$$F = \frac{(f' + f'')e}{\lambda c}, \quad Q = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec \left(A \frac{b}{a} + B + 1\right)},$$

Dans cette formule $A = \frac{P}{Q}$ et $B = \frac{R}{Q}$ (R , tension du ressort).

Ces deux valeurs A et B se fixent arbitrairement. Pour les régulateurs à ressorts dans le volant, on a :

$$F = \frac{(f + f')e}{\lambda c}, \quad \mu E = \frac{F}{4R \left(\frac{c'}{c}\right)}$$

(cette formule est extraite du § 9 ; R est la puissance du ressort). On tire de la deuxième formule :

$$R = \frac{F}{4\mu E \left(\frac{c'}{c}\right)} = \frac{(f + f')e}{4\lambda \mu E c \left(\frac{c'}{c}\right)} = \frac{(f + f')e}{4\lambda \mu E c'}.$$

Cette formule donne la puissance du régulateur.

Ces formules de la puissance du régulateur diffèrent en apparence de celles qui j'ai données dans mon mémoire de mai 1895 à l'Académie ; mais, en réalité, au fond, il est facile de voir que ce sont les mêmes sous une nouvelle forme *plus simple*.

V. — THÉORIE DES PERTURBATIONS DU QUATRIÈME GENRE DE LA POSITION DU MANCHON DU RÉGULATEUR.

§ 29. — Définition des perturbations du quatrième genre.

Dans la pratique la quatrième hypothèse de ma théorie des régulateurs à maximum et minimum n'est pas réalisée ; en d'autres termes, quand il se produit une variation du travail résistant pendant la détente, la vitesse change, et ce n'est qu'à la fin de l'admission suivante que le régulateur peut agir pour faire varier le travail moteur.

Cette perturbation dans le jeu du régulateur a été étudiée par M. Hirsch, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, dans son *Cours autographié de machines à*

vapeur (1877-1878). Mais je vais étudier la question autrement, pour rester toujours dans la théorie du régulateur à maximum et minimum qui m'a servi de point de départ et qui me servira jusqu'à la fin de ce mémoire.

§ 30. — **Cas d'une machine à cylindre unique.** — Je désigne par T le travail moteur par demi-tour de volant, en supposant que l'admission atteigne son maximum, et je suppose que ce maximum corresponde à la position inférieure du manchon du régulateur ; la machine peut donc fournir un travail maximum égal à $2T$ par révolution du volant ; soit Φ la force en chevaux de la machine correspondant à ce travail maximum ; soit N le nombre de révolutions du volant par minute à la vitesse du régime : on a :

$$T = \frac{60 \times 75}{2N} \times \Phi.$$

Quant au travail résistant, je le suppose tel que son moment ne dépasse jamais le moment moyen de l'effort moteur, par rapport à l'axe du volant, en supposant que la machine donne son maximum de puissance. C'est ce qui se passe dans la pratique, en mettant de côté le cas exceptionnel où l'on demande au volant un effort considérable et momentané, comme dans le cas d'un gros laminoir.

Plaçons-nous maintenant dans le cas le plus défavorable ; je suppose que, pendant la détente, la vitesse de la machine se soit accélérée et que le manchon soit arrivé au haut de sa course par suite d'une diminution subite du travail résistant ; alors le régulateur ne permettra aucune admission de vapeur ; puis, je suppose qu'aussitôt après le moment du travail résistant prenne une valeur constante et telle que le travail résistant soit égal au maximum du travail moteur par révolution du volant. Alors, pendant la

demi-révolution que le volant va accomplir, le volant n'aura plus aucune force pour l'entraîner, et il devra emprunter à sa $\frac{1}{2}$ force vive seule le travail à accomplir, travail égal à T , d'après l'hypothèse dans laquelle nous nous plaçons.

Soient V_2 la vitesse de la jante du volant à l'origine de la demi-révolution considérée, et V_1 sa vitesse à la fin de cette demi-révolution; il est certain que la demi-force vive perdue par le volant pendant cette demi-révolution est égale à T , valeur du travail résistant, puisque le travail moteur est nul; on a donc :

$$\frac{1}{2} M V_2^2 - \frac{1}{2} M V_1^2 = T = \frac{60 \times 75}{2N} \times \Phi.$$

Ici, comme ci-dessus, M désigne la masse de la jante du volant, sans tenir compte des bras, pour les motifs expliqués au § 13.

Cette équation peut s'écrire :

$$\frac{1}{2} M (V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} M (V_2 - V_1) (V_2 + V_1) = \frac{60 \times 75}{2N} \times \Phi.$$

Divisons et multiplions par $\frac{V_2 + V_1}{2}$; il vient :

$$\frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{\left(\frac{V_2 + V_1}{2}\right)} (V_2 + V_1) \frac{V_2 + V_1}{2} = \frac{60 \times 75}{2N} \times \Phi.$$

Soit W la vitesse de régime de la jante du volant; on a sensiblement $V_2 + V_1 = 2W$; substituons; il vient :

$$\frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{\left(\frac{V_2 + V_1}{2}\right)} \times 2W \times W = \frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{\frac{V_2 + V_1}{2}} \times 2W^2 = \frac{60 \times 75}{2N} \times \Phi.$$

D'où :

$$\frac{1}{2} M \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \times W_2 = \frac{60 \times 75}{4N} \times \Phi = \frac{75}{4} \times \frac{60}{N} \times \Phi = \frac{75}{4} \times \frac{60}{N} \times \Phi.$$

Cela posé, V_2 est égal à la vitesse qui correspond à la position supérieure du manchon du régulateur, d'après nos hypothèses ; je vais alors déterminer le volant d'après la condition que la vitesse de la jante V_1 , après la $\frac{1}{2}$ révolution considérée, soit celle qui correspond à la position inférieure de notre régulateur ; en d'autres termes, on aura :

$$\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = E,$$

E étant l'écart relatif de vitesse du régulateur.

De cette façon, même en nous plaçant dans l'hypothèse la plus défavorable, la vitesse ne sera pas sortie des limites correspondant au régulateur à maximum et minimum.

Il serait très exagéré de poser cette condition que le manchon du régulateur ne devrait parcourir qu'une partie de sa course dans le cas considéré, au lieu de parcourir sa course entière, et cela pour les deux motifs suivants :

1° Le cas considéré est un cas exceptionnel, qui ne se représentera pour ainsi dire jamais, de sorte qu'il serait exagéré de calculer le volant, pour éviter un mouvement un peu rapide du manchon dans ce cas ;

2° Le cas considéré correspond justement à la même vitesse de manchon que dans l'étude ci-dessus des perturbations du deuxième genre ; or, nous avons vu que le mouvement du manchon était arrêté avec cette vitesse par le frein à huile, dans de très bonnes conditions ; donc il n'y a rien à craindre.

On aura donc en substituant :

$$\frac{1}{2} M \times E \times W^2 = \frac{75}{4} \times \frac{60}{N} \times \Phi.$$

Cette équation peut s'écrire :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = \frac{75}{4} \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} = 19 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E}.$$

(Nous prenons 19 au lieu de 18,75, en arrondissant : ces sortes de calculs ne comportent pas une précision absolue.)

Cette formule permet de calculer aisément la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval de la force motrice maxima de la machine pour que, dans le cas le plus défavorable, la vitesse ne sorte jamais des limites qu'on s'est données et qui correspondent à l'écart relatif E du régulateur.

Cette formule donne un minimum pour le volant ; en donnant au volant un poids plus fort que celui qui résulte de ce volant, la vitesse V_1 n'arriverait même pas à la limite correspondant à la partie inférieure du manchon du régulateur ; seulement alors le manchon ne trouverait pas du premier coup sa position d'équilibre ; il la retrouverait en quelques petits sauts allant en décroissant successivement.

Continuons et voyons ce qui va se passer après la $\frac{1}{2}$ révolution considérée ; le manchon étant en bas de sa course, le travail moteur reprend son maximum ; donc, tant que le travail résistant sera égal à son maximum, qui est égal, avons-nous dit, au maximum du travail moteur, tout restera dans le *statu quo*.

En d'autres termes, le manchon conserve, comme position d'équilibre, sa position inférieure, à laquelle il est arrivé du premier coup.

Dans la pratique, le soubresaut du manchon sera naturellement beaucoup moindre que dans l'hypothèse la plus défavorable, que je viens d'examiner.

Par exemple, au lieu de nous placer dans l'hypothèse la plus défavorable précédente, on peut supposer que le travail moteur soit égal à la moitié de son maximum, et que le travail résistant devienne subitement égal à son maximum, le manchon partant du milieu de sa course; alors, en reprenant les mêmes calculs, on verrait que le manchon ferait un soubresaut de la moitié de sa course: il arriverait du premier coup, comme dans le cas précédent, à sa nouvelle position d'équilibre, c'est-à-dire en bas de sa course.

De même, si le travail résistant variait de $\frac{1}{n}$ de son maximum, les mêmes formules montreraient que le manchon sauterait de $\frac{1}{n}$ de la course totale, et la variation correspondante du travail moteur resterait toujours appropriée aux besoins.

Il y a une autre hypothèse défavorable à examiner, c'est la suivante: Je suppose que le manchon soit tombé en bas de sa course au commencement de la demi-révolution considérée; je suppose, en outre, que le travail résistant tombe brusquement à zéro aussitôt après; mais alors le manchon s'élèvera et ne permettra pas à l'admission d'atteindre son maximum; on aura donc pendant la $\frac{1}{2}$ révolution un travail résistant nul et un travail moteur inférieur à son maximum; cette hypothèse conduirait au même calcul que l'hypothèse précédente, avec une légère différence cependant; en effet, dans ce dernier cas, le régulateur aura toujours le temps de monter un peu et de limiter le travail moteur à une valeur un peu inférieure à T; l'hypothèse est donc moins défavorable que la première, de sorte qu'il est inutile d'en tenir compte.

M. Hirsch, dans son cours ci-dessus indiqué, a fait une théorie serrant de plus près l'étude de ces perturbations du quatrième genre : il a donné pour le calcul du volant une formule d'où il résulte une valeur plus faible pour l'extrême limite de petitesse du volant. Mais les perturbations du quatrième genre ne sont pas les seules ; elles existent en même temps que celles du premier et du deuxième genres, de sorte que je préfère ne pas atteindre l'extrême limite. Je m'en tiendrai donc aux formules prudentes ci-dessus pour les perturbations du quatrième genre.

Nous savons donc comment on doit calculer le volant, en fonction du régulateur, pour tenir compte de la quatrième cause d'oscillations dans la machine à cylindre unique.

§ 31. — **Cas d'une machine à deux cylindres ordinaires.** — Examinons le cas d'une machine à deux cylindres non compound, calés à 90°. Le plus souvent l'admission ne dépasse pas 50 p. 100 dans chacun des cylindres ; il y aura donc quatre admissions successives et jamais en même temps, dans chaque révolution du volant. Ce cas se déduit donc du précédent, avec cette différence que ce n'est plus pendant $\frac{1}{2}$ révolution, mais pendant $\frac{1}{4}$ de révolution seulement au plus que l'action du régulateur est nulle sur l'organe d'admission ; la formule devient donc :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = \frac{19}{2} \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} = 9,5 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E}.$$

§ 32. — **Cas d'une machine compound.** — Examinons, enfin, le cas des machines compound, le cylindre d'admission et celui de détente étant calés à 90°.

Dans cette machine nous considérons d'abord la portion de la vapeur admise au commencement de la période de

temps considérée; cette vapeur, une fois l'admission fermée, continue à se détendre dans le premier et le deuxième cylindres sans que le régulateur ait aucun moyen de modifier son travail moteur; elle se trouve donc dans le cas du cylindre unique; mais il faut observer que cette détente ne se fera qu'en partie pendant la première $\frac{1}{2}$ révolution du volant; le reste de la détente se fera dans l'autre cylindre, à un moment où le régulateur pourra agir sur l'admission suivante. Le cas se rapprochera alors du cas des deux cylindres à pleine admission calés à 90° sans être cependant aussi avantageux, car le régulateur, même en fermant complètement l'admission, ne pourra pas empêcher l'achèvement de la détente de la vapeur se trouvant déjà dans le deuxième cylindre. La formule tout à fait exacte dépendrait des conditions de marche de la machine compound; mais, en nous plaçant dans un cas moyen, il convient d'adopter la même formule avec le coefficient numérique $\frac{19 + 9,5}{2} = 14,2$.

On a donc :

$$\frac{\frac{1}{2} MW^2}{\Phi} = 14 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E},$$

pour la machine compound.

VI. — RÉSISTANCE A LA RUPTURE DU VOLANT.

§ 33. — **Calcul de la jante au point de vue de la résistance.**
 — Nous rappellerons ici quelle est la vitesse maxima W que doit avoir la jante du volant pour ne pas être exposée à la rupture; un calcul bien simple, enseigné dans tous les cours de machines à vapeur, montre que, pour une vitesse de 15 mètres par seconde, le métal de la jante travaille à l'extension à raison de 0^{kg},18 par millimètre

carré; c'est un chiffre admis comme raisonnable pour les volants de fonte avec assemblages.

Si la vitesse W était différente de 15 mètres, le travail par millimètre carré serait de :

$$0^{\text{ks}},18 \times \frac{v^2}{(15)^2}.$$

Il s'agit du travail par millimètre carré de la jante à pleine section. Naturellement, dans les assemblages, le travail est augmenté en proportion de la diminution de section.

En employant des volants construits autrement qu'en fonte, on pourrait aborder sans danger des vitesses bien supérieures, avec des frettes en acier autour de la jante par exemple. Le calcul classique dont il vient d'être question suppose que la jante offre seule une résistance pour faire équilibre à la force centrifuge. En réalité, les bras viennent aider à la solidité de la jante; on peut se demander de combien cela diminue le travail par millimètre carré de la jante. Le problème posé de cette façon serait très difficile; on pourrait le simplifier beaucoup avec des calculs approchés, mais cela m'entraînerait en dehors de la question. Au point de vue des applications, la formule précédente est suffisante, puisqu'elle est un peu plus prudente que la formule rigoureuse (*).

§ 34. — **Calculs des rayons au point de vue de la résistance.** — Les rayons sont toujours assez résistants pour porter le poids de la jante du volant; mais leur principal rôle consiste à transmettre à la jante le moment du travail moteur, si la courroie de transmission est placée sur le volant.

Ce moment se calcule aisément d'après la courbe de la

(*) M. RÉSAL, membre de l'Institut, a donné des formules importantes à ce sujet dans son *Traité de Mécanique générale*.

Pl. VIII. Ce calcul doit être fait en y introduisant un coefficient de sécurité suffisant, car il ne tient pas compte de l'inertie des bielles et pistons.

On pourrait à la rigueur en tenir compte.

VII. — RÉSUMÉ DES CALCULS ET APPLICATIONS PRATIQUES

(D'après les théories nouvelles exposées ci-dessus.)

§ 36. — **Choix de l'écart relatif de vitesse du régulateur suivant la nature de l'atelier.** — L'écart relatif de vitesse du régulateur E doit être choisi suivant que l'atelier à conduire est plus ou moins difficile au point de vue de la régularité. Voici les chiffres que j'ai adoptés dans mon étude de 1887, à la suite de nombreuses observations, chiffres que je conserve ici à peu de chose près :

NATURE DE L'ATELIER	ÉCART RELATIF DE VITESSE DU RÉGULATEUR
Ateliers ne demandant que peu de régularité.	Entre 0,20 et 0,10
Ateliers demandant une assez grande régularité, comme les ateliers de construction, les usines diverses et l'éclairage électrique à arc.	Entre 0,10 et 0,06
Ateliers demandant une très grande régularité, comme les filatures et l'éclairage électrique à incandescence.	Entre 0,06 et 0,04
Ateliers demandant une précision extraordinaire.	Entre 0,04 et 0,02

Ces chiffres supposent qu'on veut avoir des résultats excellents, bien supérieurs à ceux dont on se contente le plus souvent.

J'appelle ateliers demandant une précision extraordinaire des ateliers plus difficiles encore que tous ceux qui existent dans l'industrie. Je n'en connais pas qui exigent une précision de régularisation pareille, mais le cas pourra se présenter un jour, et c'est pourquoi j'ai cru préférable de le prévoir dans mon tableau.

Il est essentiel d'observer que les écarts pratiques de la vitesse seront le plus souvent bien inférieurs à la valeur de E , puisque la théorie suppose le cas exceptionnel du travail résistant variant constamment entre son maximum et zéro; c'est pourquoi, avec une valeur de $E = 0,10$ par exemple, on a déjà une régularisation très passable, et avec $E = 0,05$ on en a une exceptionnellement bonne; il ne faut donc pas adopter inutilement une valeur de E trop petite. Les machines du genre Corliss de l'industrie ont souvent une valeur de E de 0,10 et même davantage.

Cela posé, nous allons voir comment il faut conduire les calculs du volant et du régulateur, en appliquant les formules que j'ai données jusqu'ici dans ce mémoire.

§ 36. — **Marche des calculs et applications pratiques avec régulateur à boules, avec ou sans surcharge du manchon.** — Je commencerai par choisir E , ou écart relatif de vitesse du régulateur, suivant le tableau précédent, puis je choisirai le système du régulateur. Tous sont bons; un des plus avantageux et des plus élégants est le régulateur de Porter, mais on peut en employer un autre. Nous avons donné dans la première partie les formules qui permettent de calculer les dimensions du régulateur pour qu'il donne un écart relatif de vitesse E .

S'il s'agit par exemple du régulateur de Porter, on a

trouvé la formule :

$$(1) \quad L = \frac{c}{2E} \quad (\text{V. § 2});$$

L , distance moyenne du manchon au sommet du régulateur ;

c , course du manchon qu'on se donne, par exemple $= 0^{\text{m}},06$;

E , écart relatif de vitesse donné du régulateur.

L étant connu, la longueur des bielles peut se fixer arbitrairement ; on peut la prendre égale à $0,65L$ pour avoir un régulateur élégant.

Le nombre de tours du régulateur par minute, à la vitesse de régime, est donné par la formule :

$$(2) \quad n^2 = \frac{1.790}{L} \left(1 + \frac{Q}{P} \right).$$

Si l'on se donne arbitrairement $\frac{Q}{P}$, n est connu.

Nous connaissons les dimensions du régulateur, sauf la valeur absolue de P et de Q , que nous déterminerons plus loin en calculant la puissance du régulateur.

Cela posé, calculons le volant en fonction de E ; ce volant doit être assez grand pour éviter les perturbations du premier genre, du deuxième genre et du quatrième genre ; nous allons le calculer successivement pour qu'il remplisse ces trois conditions, et nous prendrons naturellement la plus forte des valeurs ainsi obtenues. Pour éviter les perturbations du premier genre, nous avons expliqué comment le volant se calcule d'après la théorie classique (§ 12 et 13).

Nous sommes arrivés à la formule :

$$(3) \quad \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 37,5 \times \theta \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon}$$

Dans cette formule, on se rappelle : que la demi-force vive du volant se compte en tenant compte seulement de la jante du volant ; que le nombre de chevaux de la machine représente la puissance maxima disponible avec la disposition de la machine ; que θ est une fraction dépendant du degré de détente, du nombre de cylindres, etc..., fraction que nous avons déterminée en traçant une courbe ; que ϵ est l'écart relatif de vitesse dû au volant qu'on choisit égal à une fraction de E , par exemple $\frac{1}{3}$ de E pour tenir compte des observations du § 12, qui montrent que ces oscillations sont peu à craindre ; on se rappelle aussi que N est le nombre de tours par minute de la machine.

Pour éviter les perturbations du deuxième genre, nous sommes arrivés à la formule suivante :

$$(4) \quad \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} = y$$

(la $\frac{1}{2}$ force vive du volant et le nombre de chevaux, comme ci-dessus).

c est la course totale du manchon du régulateur ;

E , l'écart relatif de vitesse du régulateur ;

λ et μ des fractions dont le sens a été défini au § 18, et qu'on prend, par exemple, égales à 0,25 et 0,33.

On a trouvé, § 19, une formule analogue, à peine plus compliquée pour le cas du régulateur de Watt et de Farcot.

Pour éviter les perturbations du quatrième genre, nous sommes arrivés à la formule suivante :

$$\begin{aligned}
 & 1^{\circ} \text{ Cas d'une machine à cylindre unique :} \\
 & \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 19 \times \frac{60}{N} \times \frac{E}{1}. \\
 & 2^{\circ} \text{ Cas d'une machine à deux cylindres à } 90^{\circ} : \\
 & \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 9,5 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E}. \\
 & 3^{\circ} \text{ Cas d'une machine compound :} \\
 & \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 14 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

En résumé, le volant se calcule successivement par la formule (3), par la formule (4) et par l'une des formules (5) ; je prendrai la plus forte de ces trois valeurs naturellement.

Enfin, il me reste à calculer la puissance du régulateur, c'est-à-dire à déterminer les poids P et Q .

Nous avons dit que leur rapport $\frac{P}{Q} = A$ pouvait se choisir arbitrairement ; il reste alors à déterminer Q , et nous le ferons de manière à éviter les perturbations du troisième genre (§ 25) ; on a :

$$(6) \quad Q = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec}$$

pour le régulateur de Porter.

Nous avons trouvé une formule analogue (§ 26 et 28) pour les autres régulateurs ; dans cette formule :

c est la course totale du manchon du régulateur ;

f' et f'' , les réactions du déclic définies au § 25 ;

e , le chemin parcouru par ces réactions.

Enfin, la puissance moyenne du frein à huile supposée constante, et telle qu'elle a été définie et calculée au § 18, est égale à :

$$F = 2Q\mu E = \frac{(f' + f'')e}{\lambda c}.$$

Nous avons terminé le résumé de toutes les formules

à appliquer; elles ne sont pas trop compliquées, étant donnée l'extrême complexité de la corrélation entre le volant et le régulateur.

Comme on le voit, toutes les formules sont basées sur la théorie pure.

On pourrait craindre que, en me plaçant le plus souvent dans l'hypothèse la plus défavorable, je ne donne des valeurs trop élevées et trop prudentes pour la puissance du volant et celle du régulateur; or, j'ai déjà dit ci-dessus qu'il n'en était rien pour le volant, en faisant une application numérique (§ 18); je vais à présent y revenir et compléter cette application numérique.

Je suppose qu'il s'agisse de régler une machine Corliss à un seul cylindre, marchant à soixante-dix tours à la minute, destinée à conduire une filature ou un éclairage électrique par incandescence, c'est-à-dire un des cas les plus difficiles de la pratique.

Je choisis $E = 0,05$, *en rappelant que les variations pratiques de la vitesse seront bien inférieures à E le plus souvent*; la vitesse ne subira guère que des variations de 2 à 3 0/0 et, le plus souvent, moins encore; je choisis $c = 0^m,06$. La formule (1) ci-dessus donne :

$$L = \frac{c}{2E} = \frac{0,06}{0,1} = 0^m,60.$$

Je prends $A = \frac{Q}{P} = \frac{1}{10}$ par exemple, ou $\frac{Q}{P} = 10$. La formule (2) donne :

$$n = \sqrt{\frac{1.790}{L} \left(1 + \frac{Q}{P}\right)} = \sqrt{\frac{1.790}{0,60} (1 + 10)}.$$

$n = 181$ tours par minute.

La formule (3) donne pour la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par

cheval :

$$37,5 \times \theta \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{\epsilon} ;$$

or, $\theta = 0,15$ dans le cas actuel, qui est celui du § 13.

$$N = 70 \text{ et } \epsilon = \frac{E}{3} = 0,017,$$

$$37,5 \times 0,15 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{0,017} = 282 \text{ kilogrammètres par cheval.}$$

Ce chiffre est à augmenter de $\frac{1}{5}$ environ pour tenir compte de l'obliquité des bielles, comme on l'a vu § 14; il devient donc $282 \times \frac{6}{5} = 338$ kilogrammètres par cheval.

La formule (4) donne pour la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}},$$

dans laquelle nous ferons :

$$\lambda = 0,5, \quad \mu = 0,33, \quad \text{et: } E = 0,05,$$

ou :

$$y = 6 \sqrt{\frac{0,06}{0,25 \times 0,33 \times (0,05)^3}} = 458 \text{ kilogrammètres par cheval.}$$

La formule (5) donne pour la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval :

$$19 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} = 19 \times \frac{60}{70} \times \frac{1}{0,05} = 326 \text{ kilogrammètres par cheval.}$$

Le plus fort des trois chiffres est celui de 458 kilogrammètres par cheval; cela n'est pas étonnant, car les perturbations du deuxième genre sont le plus souvent, en pratique, les plus nuisibles. On peut s'en assurer théori-

quement, en faisant d'autres exemples numériques comme le précédent ; la pratique, du reste, montre aussi que les perturbations du deuxième genre sont bien plus à redouter que celles du premier et du quatrième genres ; il est bien évident, en effet, que les oscillations du manchon dues aux perturbations du deuxième genre ne sont pas synchroniques avec les révolutions du volant ; il est donc facile de les distinguer des oscillations dues aux perturbations du premier et du quatrième genre, qui le sont. Or, en pratique, quand un régulateur est instable, ce sont, le plus souvent, de grandes oscillations non synchroniques avec les révolutions du volant qui se produisent ; cela confirme ce qui est dit ci-dessus, c'est que les perturbations les plus nuisibles sont bien celles du deuxième genre, dues à la force vive axiale du manchon et dont j'ai donné ci-dessus la théorie nouvelle et complète. Il n'y a que dans le cas où l'on emploie les régulateurs à ressorts que les perturbations du deuxième genre s'effacent parfois à côté des autres, comme on le verra ci-après.

Revenons maintenant à notre application numérique.

Voyons quel poids il en résulte pour le volant, avec la vitesse modérée de 15 mètres à la jante.

Cela donne, en appelant x le poids de la jante du volant :

$$\frac{1}{2} \frac{x}{g} (15)^2 = 458;$$

d'où :

$$x = 2g \times \frac{458}{(15)^2} = 20 \times \frac{458}{225} = 40 \text{ kilogrammètres par cheval.}$$

Cela fait 4.000 kilogrammes par 100 chevaux ; cela ferait environ 5.500 kilogrammes pour le poids total du volant.

Cela constitue un volant à peine égal à ceux qu'on

emploie habituellement pour les machines réellement bien réglées ; on voit donc, je le répète, que mes formules ne conduisent pas à des dimensions exagérées du volant. Je rappelle que, si les transmissions et leurs poulies ont une force vive notable, le volant peut être diminué d'autant. Cette remarque a une importance capitale. Je fais remarquer, en outre, que nous avons choisi E égal à 0,05, chiffre très faible, assurant une régularité bien plus grande que celle qu'on trouve le plus souvent dans l'industrie. Comme je l'ai fait observer, en effet, avec $E = 0,05$, les variations pratiques de la vitesse seront très sensiblement inférieures à 5 p. 100, car le travail résistant ne varie presque jamais entre son maximum et zéro, hypothèse qui a servi de base à ma théorie.

Si on faisait $E = 0,08$ par exemple, comme on le fait généralement dans les machines bien réglées, la $\frac{1}{2}$ force vive par cheval du volant serait :

$$y = 6 \sqrt{\frac{0,06}{0,25 \times 0,33 \times (0,08)^3}} = 226 \text{ kilogrammètres,}$$

au lieu de 458, que nous avons trouvé ci-dessus ; cela ferait un volant moitié moindre, environ de 2.750 kilogrammes par 100 chevaux.

Dans ces conditions, la régularité serait encore aussi grande que celle de la plupart des machines de l'industrie, avec un volant très modéré. Si l'on voulait une régularité absolument remarquable, on prendrait $E = 0,04$, et l'on aurait :

$$y = 6 \sqrt{\frac{0,06}{0,25 \times 0,33 \times (0,04)^3}} = 641 \text{ kilogrammètres par cheval;}$$

cela ferait un poids total de 8.000 kilogrammes environ de volant pour 100 chevaux.

Comme ci-dessus, ce chiffre serait réduit si les transmissions avaient une $\frac{1}{2}$ force vive notable.

Donc mes formules donnent pour un volant un poids très modéré, absolument conforme à ceux qu'on observe dans les machines bien réglées; le volant ne devient très fort que quand on veut avoir une régularité exceptionnelle.

On verra plus loin que, quand on veut employer un volant très faible et qu'on tient à avoir une régularité très grande *moyenne* par minute, sans se préoccuper de la régularité absolue, c'est le régulateur Denis qu'il faut choisir (V. § 57).

Le volant calculé, cherchons quelle doit être la puissance du régulateur en appliquant la formule (9) :

$$Q = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec}.$$

On a vu que $\lambda = 0,25$ et $\mu = 0,33$, $E = 0,05$ et $c = 0,06$. Je suppose $f' = 4$ kilogrammes, $f'' = 2$ kilogrammes et $e = 0,005$, pour une machine Corliss de 100 chevaux, chiffres très larges; il vient :

$$Q = \frac{(4 + 2) \times 0,005}{2 \times 0,25 \times 0,33 \times 0,05 \times 0,06} = 61 \text{ kilogrammes.}$$

Enfin, la puissance du frein à huile est donnée par la formule (9) ci-dessus, ou :

$$F = 2Q\mu E = 2 \times 61 \times 0,33 \times 0,05 = 2^{\text{kg}}, 010,$$

évalué au manchon.

On voit donc qu'en partant des valeurs conformes à la pratique pour f' , f'' et e on arrive à un poids de régulateur très modéré. Si la machine avait plusieurs centaines de chevaux, il serait difficile de faire tenir une surcharge suffisante au-dessus du manchon, avec un régulateur

n'ayant que 0^m,60 de hauteur; mais il faut observer que le plus souvent une partie de la surcharge du manchon est placée autrement, sous forme de surcharge ou contrepoids qu'on peut faire varier à volonté quand on désire modifier la vitesse de régime. On peut encore employer, si on le préfère, le régulateur de la *fig. 10* (Pl. VII), qui, à égalité d'écart relatif de vitesse, exige des dimensions beaucoup plus grandes; c'est ce que l'on fait le plus habituellement pour les machines de grande puissance.

Si l'on employait une course c du manchon plus faible que 0,06, les formules donneraient un volant plus faible et un régulateur plus puissant.

Dans le cas où le régulateur ne serait pas du type de Porter, mais du type de Watt ou de Farcot, les sept formules précédentes seraient les mêmes, sauf les modifications suivantes, tenant à ce que P ou le poids des boules ne serait plus négligeable par rapport au poids Q du manchon.

La formule (4) devient alors la formule (4') suivante du § 19, $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \times \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}.$$

Le dernier radical peut se mettre sous la forme :

$$\sqrt{\frac{1 + 2A \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{1 + A \frac{b}{a}}},$$

A étant le rapport $\frac{P}{Q}$ qu'on se fixe arbitrairement.

La formule (6) devient la formule (6') suivante :

$$Q = \frac{(f' + f'')e}{2\lambda\mu Ec \left(A \frac{b}{a} + 1 \right)}.$$

Enfin, la formule (7) devient la formule (7') suivante :

$$F = 2\mu E \left(P \frac{b}{a} + Q \right) = 2\mu EQ \left[1 + A \frac{b}{a} \right] = \frac{(f' + f'')e}{\lambda c}.$$

§ 37. — **Marche des calculs avec régulateurs à ressorts.**
— Nous allons passer maintenant au cas du régulateur à boules, tournant à grande vitesse, avec surcharge du manchon et à ressort; c'est le cas du régulateur de la *fig. 9* (Pl. VII), qui a un grand intérêt pratique, comme je l'ai dit plus haut et comme on va le voir. Toutes les formules du paragraphe précédent s'appliquent, sauf les suivantes, qui sont modifiées.

La formule (4) devient (4'), ou (V. § 21) :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval, } y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q}{Q + R}}$$

(Q, poids du manchon, et R, compression moyenne du ressort). On tire de cette formule une conclusion capitale, c'est que plus R est grand, plus la $\frac{1}{2}$ force vive du volant sera faible ; or, en général, avons-nous dit, le deuxième genre de perturbations nécessite un volant plus fort que les autres genres de perturbations, comme on l'a vu dans l'exemple numérique ; donc, en employant les régulateurs à ressorts puissants, le deuxième genre de perturbations disparaît à peu près complètement et s'efface à côté des perturbations du premier et du quatrième genres. En pratique, cela permettrait de régler parfaitement des machines avec un volant plus faible que ceux qu'on emploie actuellement.

Ou bien, ce qui vaut mieux, cela permettait d'employer une valeur de E plus faible et d'obtenir une régularisation bien meilleure avec un volant semblable à celui qu'on emploie actuellement dans l'industrie.

Si nous nous reportons aux § 5 et 7, nous trouvons tous les renseignements nécessaires pour déterminer les dimensions de ce régulateur, de manière à obtenir pour E la valeur donnée, sans arriver à des dimensions exagérées du régulateur.

Naturellement, dans ce cas, l'équation (1) du paragraphe précédent ne s'applique plus ; les § 3 et 7 fournissent les renseignements nécessaires, je le répète.

(Pour le calcul de la puissance des régulateurs, voir § 28.)

Pour les régulateurs dans le volant, on suivra la même marche de calculs, en faisant usage des formules du § 21 et du § 28.

Ici se termine l'étude du régulateur des organes de réglage et du volant des machines Corliss ; on voit à quel point cette nouvelle méthode diffère de celle qui est encore employée par les constructeurs et enseignée un peu partout. Comme on le voit, elle permet de déterminer les dimensions de tous les organes.

(La fin à la prochaine livraison.)

BULLETIN

**STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA HONGRIE
EN 1894 ET EN 1895.**

Le tableau suivant résume, en quantités et en valeurs, les principaux éléments de la production minière et métallurgique de la Hongrie pour les deux années 1894 et 1895.

NATURE DES PRODUITS	1894		1895	
	Quantités	Valeurs	Quantités	Valeurs
	tonnes	francs	tonnes	francs
Houille	1.037.332	13.454.586	1.068.046	13.932.070
Lignite	3.181.072	25.445.199	3.517.901	27.773.646
Briquettes.....	30.057	576.121	29.421	579.916
Coke	10.250	219.254	12.033	274.916
Asphalte et huile minérale...	4.432	552.764	4.370	460.680
Minerais de fer exportés.....	237.476	1.412.457	350.575	3.882.993
Minerais de manganèse export.	"	"	2.881	10.893
Fonte d'affinage.....	312.148	27.705.657	322.206	29.151.923
Fonte de moulage.....	17.837	3.452.867	21.459	4.068.890
Pyrite de fer.....	74.619	792.796	66.683	617.369
Acide sulfurique.....	4.018	140.904	1.707	109.959
Plomb.....	2.113	728.687	2.277	798.240
Litharge.....	689	290.255	615	295.392
Cuivre.....	271	334.356	287	356.223
Minerai d'antimoine.....	1.266	169.771	1.240	163.174
Antimoine (régule et métal)..	385	307.866	465	350.547
Minerai de nickel et de cobalt.	25	20.022	55	52.320
Alliages id.	23	23.154	18	13.410
Mercure.....	2	11.606	1	5.742
Bismuth.....	28	6.224	7	8.165
Soufre.....	93	19.288	102	19.330
	kilog.		kilog.	
Or	2.687	11.109.139	3.187	12.028.799
Argent.....	20.155	3.006.449	20.432	3.042.012

La valeur totale, en comptant quelques autres produits non inscrits au tableau qui précède, s'est élevée à :

90.895.508 francs en 1894
et à 98.167.601 — en 1895.

La superficie des mines concédées était la suivante pour chacune des deux années considérées :

	1894	1895
Mines de l'État.....	8.625 hectares	9.726 hectares.
Mines privées.....	60.177 —	61.564 —
Soit, en tout	68.802	71.290

se répartissant comme suit :

Mines de charbon.....	58,0 p. 100	58,6 p. 100
— d'or et d'argent.....	19,5 —	19,2 —
— de fer.....	17,5 —	17,1 —
Autres mines.....	5,0 —	5,1 —

Le nombre des ouvriers employés a été de :

	1894	1895
Hommes.....	52.674	54.859
Femmes.....	4.770	2.491
Enfants.....	5.139	4.981

Au point de vue des accidents, on a compté, pour 10.000 ouvriers :

	1894	1895
Tués.	17	12
Blessés grièvement.....	27	24
Blessés légèrement.....	69	77

(Extrait de l'Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

*Décret du Président de la République, du 12 août 1896, autorisant la
C^{ie} DES MINES DE VICOIGNE à augmenter la contenance d'un dépôt de
dynamite, établi dans la commune de NŒUX-LES-MINES (Pas-de-
Calais).*

Le Président de la République française,

Sur le rapport des ministres du commerce, de l'industrie, des
postes et des télégraphes, de l'intérieur, des finances et de la
guerre,

Vu la loi du 18 mars 1875 (*) et les décrets des 24 août 1875 (**) et 28 octobre 1882 (***) sur la poudre dynamite ;

Vu le décret du 22 février 1884 (****), autorisant la C^{ie} des mines de Vicoigne à établir un dépôt de dynamite de 1^{re} catégorie sur le territoire de la commune de Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais) ;

Vu la demande formée par la C^{ie} des mines de Vicoigne à l'effet d'être autorisée à porter à 3.000 kilogrammes la contenance dudit dépôt ;

Vu les plans annexés à ladite demande et les pièces de l'enquête à laquelle il a été procédé ;

Vu l'avis du préfet du Pas-de-Calais ;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures,

Décète :

Art. 1^{er}. — Les articles 7 et 8 du décret ci-dessus visé du 22 février 1884 sont supprimés.

Art. 2. — La quantité maximum de dynamite que le dépôt pourra recevoir est fixée à 3.000 kilogrammes.

(*) Volume de 1875, p. 117.

(**) Volume de 1875, p. 145.

(***) Volume de 1882, p. 265.

(****) Volume de 1884, p. 18.

Art. 3. — Le dépôt sera placé sous la surveillance permanente d'un gardien logé à proximité.

Les portes du dépôt et le logement du gardien seront reliés par des communications électriques établies de telle façon que l'ouverture des portes ou la simple rupture des fils fasse fonctionner automatiquement une sonnerie d'avertissement placée à l'intérieur du logement du gardien.

Art. 4. — Dans le cas où des négligences seraient constatées dans l'exploitation ou la surveillance, la suppression du dépôt pourra être prononcée dans les conditions déterminées par l'article 9 de la loi du 8 mars 1875 sur la poudre-dynamite.

Art. 5. — Les ministres du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, de l'intérieur, des finances et de la guerre sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Rennes, le 12 août 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

*Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,*
HENRY BOUCHER.

Le Ministre de l'intérieur,
LOUIS BARTHOU.

Le Ministre des finances,
GEORGES COCHERY.

Le Ministre de la guerre,
BILLOT.

Décret du Président de la République, du 14 août 1896, portant extension de la concession des mines de fer, manganèse et autres métaux connexes de TOUSSIEU (Isère).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société anonyme des recherches d'Heyrieux, propriétaire de la concession des mines de fer, manganèse et autres métaux connexes de Toussieu (des

Concession instituée par décret du 31 janvier 1889. (Volume de p. 8.)

mines de même nature, comprises dans les limites ci-après définies, communes de Saint-Pierre-de-Chaudieu, de Saint-Bonnet-de-Mure et de Saint-Laurent-de-Mure, arrondissement de Vienne, département de l'Isère.

Art. 2. — Cette concession est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne droite joignant le clocher de l'église de Saint-Bonnet-de-Mure, point K du plan, au clocher de l'église de Saint-Laurent-de-Mure, point L du plan ;

A l'*est*, par une ligne droite joignant ledit point L au point C', intersection de l'axe du chemin de fer de Lyon à Grenoble avec l'axe du premier chemin de Saint-Pierre à Saint-Laurent-de-Mure, au passage à niveau n° 12, l'un des sommets du périmètre de la concession de Toussieu ;

Au *sud*, par l'axe du chemin de fer de Lyon à Grenoble, depuis ledit point C' jusqu'à son intersection avec l'axe du chemin de Saint-Symphorien à Saint-Bonnet-de-Mure, au passage à niveau n° 10 point B', autre sommet du périmètre de la concession de Toussieu ; cette limite sud formant partie de la limite nord de la concession de Toussieu ;

Au *nord-ouest* par une ligne droite joignant ledit point B' au point K déjà défini ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 504 hectares (cinq kilomètres carrés, quatre hectares).

Art. 3. — Cette concession sera réunie à la concession de Toussieu, pour ne former avec elle, et sous le même nom, qu'une seule et même concession, qui porte sur le territoire des communes de Toussieu, Saint-Pierre-de-Chaudieu, Mions, Saint-Bonnet-de-Mure et Saint-Laurent-de-Mure et qui est et demeure délimitée, conformément au plan sus-visé, ainsi qu'il suit :

Au *nord-ouest* par deux lignes droites joignant, la première, le clocher de l'église de Mions, point A' du plan, à l'intersection de l'axe du chemin de Saint-Symphorien à Saint-Bonnet-de-Mure, avec l'axe du chemin de fer de Lyon à Grenoble, au passage à niveau n° 10, point B' du plan ; la seconde, ledit point B' au clocher de l'église de Saint-Bonnet-de-Mure, point K ;

Au *nord*, par une ligne droite joignant ledit point K au clocher de l'église de Saint-Laurent-de-Mure, point L ;

A l'*est* par deux lignes droites joignant, la première, ledit point L au point C', intersection de l'axe du chemin de fer de Lyon à Grenoble, avec l'axe du premier chemin de Saint-Pierre à Saint-Laurent-de-Mure, au passage à niveau n° 12 ; la seconde,

· ledit point C' au clocher de l'église de Saint-Pierre-de-Chaudieu,
· point D' ;

Au *sud* par deux lignes droites joignant, la première, ledit clocher au sommet du mamelon du Mollard, point coté 336 sur la carte de l'État-Major, point E' ; la seconde, le sommet du Mollard à l'angle nord-est du jardin clos de murs attenant à la ferme de Savoie, point F' ;

A l'*ouest* par une ligne droite, joignant ce dernier point au clocher de Mions, point A' de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de seize kilomètres carrés, soixante hectares (16^{ka}, 60^{haect}).

Art. 4. — La présente concession ne s'applique pas aux minerais de fer en filons ou en couches, ou d'alluvion qui peuvent être exploités comme minières et restent à la disposition des propriétaires desdites minières, dans les termes et conditions des articles 57, 58, 68, 69 et 70 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par les lois du 9 mai 1866 et 27 juillet 1880.

Art. 5. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger aux substances dénommées à l'article 1^{er}, qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Toussieu.

La concession de ces gîtes de minéral pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit à la société concessionnaire des mines de Toussieu, soit à une autre personne.

Art. 6. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de cinq centimes (0 fr. 05) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 7. — La société concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, qui est considéré comme en faisant partie essentielle et qui s'appliquera désormais à l'ensemble de la concession.

Art. 8. — Si la société concessionnaire veut renoncer, etc... (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896 instituant la concession d'Urville ; voir supra, p. 118*).

Art. 9. — Le présent décret sera publié et affiché, etc.

Art. 10. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE TOUSSIEU

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (voir : *suprà*, p. 121).

Art. 1^{er}. — Délai d'abornement : Trois mois.

Art. 5. — Distance réservée aux abords des cours d'eau : 10 mètres.

Art. 6. — Zone de protection des chemins de fer : 10 mètres.

Décret du Président de la République, du 14 août 1896, portant rejet de la demande de M. GAY, agissant comme administrateur-délégué de la SOCIÉTÉ CIVILE DES MINES D'ARPHY, en concession de mines de plomb, argent, cuivre et autres métaux et matières adjoints ou connexes, sur le territoire des communes d'ARPHY, BRÉAU-ET-SALAGOSSE, DOURBIES, VILLERAUGUE et MANDAGOUT (Gard).

Décret du Président de la République, du 14 août 1896, portant rejet de la demande de la Société anglaise « THE LIMMER ASPHALTE PAVING COMPANY LIMITED » en extension de la concession des mines de roches bitumineuses et asphaltiques de MONTROTTIER (Haute-Savoie).

Décret du Président de la République, du 14 août 1896, portant modification de l'article 23 du décret du 8 avril 1893, qui réglemente l'exploitation des tourbières du département de la SOMME.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu le décret du 8 avril 1893 (*) portant règlement pour l'exploitation des tourbières du département de la Somme, et notamment l'article 23, ainsi conçu :

« Les distances à observer, par rapport aux constructions, aux

(*) Volume de 1893, p. 193.

- « fossés de clôtures, aux limites des propriétés voisines et aux
- « rigoles servant à l'égouttement et à l'assainissement des terrains
- « tourbeux, sont au moins de 3 mètres, augmentés d'une dis-
- « tance égale à la profondeur de l'entaille. »

Vu le vœu émis, dans sa session d'avril 1896, par le conseil général de ce département;

Vu les rapport et avis des ingénieurs des mines des 3-4 juin 1896;

Vu la lettre du préfet du 17 juin;

Vu l'avis du conseil général des mines, du 3 juillet;

Le conseil d'État entendu,

Décète :

Art. 1^{er}. — L'article 23 sus-visé du décret du 8 avril 1893 portant règlement pour l'exploitation des tourbières du département de la Somme est modifié de la manière suivante :

« Art. 23. — Les distances à observer par rapport aux constructions, aux rigoles servant à l'égouttement et à l'assainissement des terrains tourbeux seront au moins de 3 mètres, augmentées d'une distance égale à la profondeur de l'entaille.

« Celles à observer par rapport aux limites des propriétés non bâties, même si elles sont constituées par des fossés de clôture, seront au moins de 1^m,50, augmentées d'une distance égale à la moitié de la profondeur de l'entaille.

« Ces distances pourront être réduites par le seul fait du consentement des propriétaires riverains, sous réserve des dispositions de l'article 24. »

Art. 2. — Le présent décret sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Journal officiel*, il sera publié par les soins des maires dans toutes les communes du département de la Somme où existent des exploitations de tourbes.

Art. 3. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 14 août 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

TURREL.

Décret du Président de la République, du 14 août 1896, réglant la recherche et l'exploitation des mines au SÉNÉGAL et au SOUDAN FRANÇAIS.

Le Président de la République française,
Vu l'article 18 du sénatus-consulte du 3 mai 1854;
Sur le rapport du ministre des colonies,
Décrète :

TITRE I^{er}.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 1^{er}. — Nul ne peut se livrer à la recherche et à l'exploitation des mines, dans l'étendue des territoires du Sénégal et du Soudan, s'il n'est muni d'une autorisation délivrée par le gouverneur général. Cette autorisation est indépendante des permis de recherches et d'exploitation visés à l'article 8 du présent décret.

Art. 2. — Aucune société ne peut recevoir l'autorisation spécifiée à l'article 1^{er} ci-dessus sans avoir obtenu au préalable l'approbation de ses statuts par le gouverneur général du Sénégal et du Soudan.

Art. 3. — Il est interdit aux fonctionnaires du Sénégal et du Soudan en activité de service de se livrer à la recherche et à l'exploitation des mines.

Art. 4. — Sont considérés comme mines les gîtes naturels des substances minérales ou fossiles, et notamment les combustibles minéraux, bitumes, pétroles et asphaltes, le sel gemme, les nitrates et les sels associés, les phosphates en couches, en amas ou en filons, les gemmes, l'or et les autres métaux précieux, l'étain et les métaux usuels.

Art. 5. — Toutefois, les alluvions aurifères qui font l'objet d'exploitations indigènes, la tourbe, les matériaux de construction et les amendements suivent la condition de la terre.

Art. 6. — Le droit de rechercher et celui d'exploiter s'appliquent à toutes les substances désignées à l'article 4 et comprises dans un périmètre déterminé.

Art. 7. — Des arrêtés du gouverneur général déterminent les régions qui sont ouvertes à l'exploitation des mines.

Art. 8. — Dans ces régions nul ne peut se livrer à la recherche ou à l'exploitation des mines s'il n'est muni d'un permis de recherches ou d'un permis d'exploitation délivré conformément au titre II.

TITRE II.

DE L'OBTENTION DES PERMIS DE RECHERCHES
ET DES PERMIS D'EXPLOITATION.

Art. 9. — Toute personne ou toute société qui veut obtenir un permis de recherches ou un permis d'exploitation au Sénégal et au Soudan doit en déposer la demande écrite au bureau des mines de la colonie; elle doit justifier qu'elle est dans les conditions requises par les articles 1 et 2, faire élection de domicile dans le chef-lieu de la colonie, y constituer un représentant et verser le montant du droit d'institution.

Art. 10. — Le droit d'institution est calculé d'après le tableau suivant :

ÉTENDUE	PERMIS de recherches	PERMIS d'exploitation
Jusqu'à 1.000 hectares.....	par hectare 0 ^f ,10	par hectare 0 ^f ,50
Toute fraction au-dessus de 1.000 jusqu'à 5.000 hectares.....	0,20	1 »
Toute fraction au-dessus de 5.000 jusqu'à 10.000 hectares.....	0,40	2 »
Toute fraction au-dessus de 10.000 hectares..	1 »	5 »

Art. 11. — Tout périmètre de recherches ou d'exploitation doit avoir une forme rectangulaire, le petit côté du rectangle n'étant pas inférieur au quart du grand. La superficie du terrain ne doit pas être inférieure à 100 hectares ni supérieure à 25.000 hectares.

Art. 12. — A la demande doit être joint un croquis indiquant l'orientation et la position du périmètre demandé par rapport à un point géographique défini d'une façon précise.

Art. 13. — La demande est inscrite sur un registre spécial avec indication de la date et de l'heure auxquelles elle a été déposée; il en est délivré récépissé.

Art. 14. — La demande est affichée dans les huit jours, par les soins de l'administration, à la porte du bureau des mines de la colonie; elle est insérée dans les deux mois de son inscription au *Journal officiel* du Sénégal et du Soudan.

Art. 15. — Les oppositions, s'il y en a, doivent être déposées

au bureau des mines de la colonie. Elles sont reçues jusqu'à l'expiration d'un délai de trois mois à partir de la publication au *Journal officiel* du Sénégal et du Soudan, et inscrites en marge sur le registre des demandes; il en est délivré récépissé, et notification est faite au demandeur.

Art. 16. — A l'expiration de ce délai, si aucune opposition n'est survenue, le permis est délivré par le gouverneur de la colonie; il est inscrit sur un registre spécial.

Art. 17. — S'il y a des oppositions, il est statué, suivant la colonie, par le gouverneur en conseil privé ou en conseil d'administration, sauf tel recours que de droit.

Dans le cas où l'opposition serait reconnue valable et où le permis paraîtrait devoir être accordé à l'opposant, celui-ci sera tenu, sous peine d'être déchu de ses droits, de former, s'il ne l'a déjà fait, une demande régulière dans les trois mois du prononcé du jugement et de verser le montant du droit d'institution.

Art. 18. — La distance comprise entre les points les plus rapprochés de deux périmètres détenus, à un titre quelconque, par une même personne ou par une même société ne peut pas être inférieure à 20 kilomètres.

Art. 19. — En cas de compétition survenue entre plusieurs demandeurs pour le même terrain, un droit de priorité est reconnu en faveur de celui qui peut justifier qu'il a le plus contribué à la connaissance du gîte par des recherches antérieures à l'ouverture de la région à l'exploitation des mines.

Art. 20. — Les oppositions basées sur l'article précédent ne seront admises que pendant un an à partir de la date d'ouverture de la région à l'exploitation des mines, sans qu'il soit dérogé aux dispositions de l'article 15.

Art. 21. — Quand pour un motif quelconque un permis n'aura pu être accordé, le montant des droits d'institution sera remboursé au demandeur.

Art. 22. — Si deux périmètres empiètent l'un sur l'autre, il est procédé à une délimitation exacte par les soins de l'administration, aux frais et à la diligence des intéressés.

La partie commune aux deux périmètres est attribuée au détenteur du permis le plus ancien.

La redevance fixe est définitivement établie sur la contenance reconnue. Les droits payés en trop sont remboursés au détenteur du second permis.

TITRE III.

DES DROITS DES DÉTENTEURS DE PERMIS DE RECHERCHES
ET DE PERMIS D'EXPLOITATION.

Art. 23. — Le permis de recherches donne le droit exclusif d'effectuer tous travaux de prospection, de sondage et de reconnaissance des gîtes, dans l'intérieur du périmètre auquel il s'étend.

Art. 24. — Le permis d'exploitation donne, en outre, le droit exclusif d'exploiter les gîtes, c'est-à-dire d'installer sur le terrain des machines et appareils destinés à l'exploitation, à la préparation mécanique et au traitement des minerais et de faire usage de ces installations.

Art. 25. — Tout détenteur d'un permis de recherches peut disposer du produit des fouilles entreprises pour la reconnaissance des gîtes, à condition d'en avoir fait la déclaration à l'administration et de se conformer aux règles établies par les articles 34, 35 et 43 pour les détenteurs de permis d'exploiter.

Art. 26. — Le permis de recherches est valable pour une durée de deux ans à partir de la date d'institution. Il ne peut être renouvelé qu'une seule fois et pour la même durée, à charge de payer préalablement, de nouveau, le double du droit d'institution spécifié à l'article 10.

Tout détenteur d'un permis de recherches obtient un permis d'exploitation pour tout ou partie du périmètre, à condition d'en faire la demande dans les formes prescrites par le titre II et avant l'expiration de son permis de recherches.

Art. 27. — Le permis d'exploitation est valable pour une durée de vingt-cinq ans à partir de la date d'institution. Il est renouvelé dans les mêmes formes, à condition que la demande soit faite avant l'expiration du délai de vingt-cinq ans.

Les permis de recherches ou d'exploitation ne peuvent être cédés qu'à des personnes ou à des sociétés munies des autorisations visées par les articles 1 et 2 ci-dessus.

Art. 28. — Il est interdit de faire des fouilles : 1° dans une zone de 10 mètres de chaque côté des routes et chemins, à moins d'autorisation spéciale ; 2° dans une zone de 50 mètres autour des villages et groupes d'habitations, des puits et des lieux de sépulture.

Art. 29. — Dans les champs de culture, tout dommage causé

par la recherche ou par l'exploitation des mines donne lieu à une indemnité égale au double de sa valeur.

Art. 30. — En ce qui concerne les mines d'or et de sel gemme, les indigènes conservent leur droit coutumier d'exploiter les alluvions et autres gisements superficiels, suivant leurs procédés actuels, jusqu'à une profondeur maximum de 12 mètres.

Le permis d'exploitation ne s'étend qu'aux terrains aurifères compacts en filons et en couches profondes qui échappent aux procédés primitifs en usage dans le pays.

Art. 31. — En ce qui concerne l'embauchage et les salaires des travailleurs indigènes, tout détenteur de permis doit se conformer à la loi, s'il s'agit de citoyens français, et aux usages du pays, s'il s'agit d'indigènes non citoyens français.

Art. 32. — En cas de contestation basée sur une infraction aux articles 28, 29 et 30 et de réclamation des indigènes, la question est soumise à la décision du commandant ou de l'administrateur du cercle ou de la circonscription dans lequel est compris le périmètre.

Cette décision est définitive, lorsque la valeur du litige ne dépasse pas 150 francs. Au-delà de cette somme, il peut être fait appel, dans le délai de deux mois, pour le Soudan, devant le juge de paix de Kayes et, pour le Sénégal, devant le tribunal de Saint-Louis, qui statuent définitivement.

TITRE IV.

DES OBLIGATIONS DES DÉTENTEURS DE PERMIS DE RECHERCHES ET DE PERMIS D'EXPLOITATION.

Art. 33. — A partir de la troisième année qui suit l'institution d'un permis d'exploitation, le détenteur de ce permis doit payer une redevance fixe annuelle égale à la moitié du droit d'institution. Cette redevance est payable par année et d'avance.

Art. 34. — Les exploitants de mines sont tenus d'inscrire sur un livre spécial les quantités de minerais extraits. Ce livre est tenu à la disposition des agents de l'autorité.

Art. 35. — Il est dû sur la valeur des minerais extraits un droit qui ne peut excéder 5 p. 100. Le taux en est déterminé chaque année par le conseil général pour la colonie du Sénégal et par le gouverneur, en conseil d'administration, pour le Soudan.

Des arrêtés locaux déterminent le mode de perception de cette redevance.

Aucun autre droit de circulation ou de sortie ne peut être prélevé sur les substances minérales.

Art. 36. — Faute par le détenteur du permis d'exploitation de payer l'une ou l'autre des deux redevances dans les six mois de l'échéance, le permis lui est retiré.

La déchéance est prononcée par le gouverneur en conseil privé ou en conseil d'administration; jusqu'à ce moment, le détenteur du permis conserve le droit de se libérer à condition de verser, en outre du montant des redevances dues, une amende égale au vingtième du droit d'institution.

Art. 37. — Tout acte portant cession d'un permis ou constatant la mise en société des droits conférés par un permis doit être enregistré dans la colonie.

Le droit d'enregistrement, qui ne peut dépasser 5 p. 100 du prix de cession, est perçu conformément aux règles en vigueur dans la colonie.

Art. 38. — Les titres émis pour la recherche et pour l'exploitation des mines sont soumis, pour les titres nominatifs, à un droit de mutation qui ne peut excéder 1 p. 100, et, pour les titres au porteur, à un droit d'abonnement annuel qui ne peut excéder 0,40 p. 100. Le taux est déterminé par le conseil général pour la colonie du Sénégal et par le gouverneur, en conseil d'administration, pour la colonie du Soudan.

Art. 39. — Toute division, toute réunion de terrains faisant l'objet de permis de même nature doit être déclarée à l'administration.

Les nouveaux périmètres ainsi constitués sont soumis aux conditions de l'article 11 en ce qui concerne leur étendue; ils doivent faire l'objet de nouveaux permis frappés du droit d'institution défini à l'article 10.

TITRE V.

DE L'ADJUDICATION DES PERMIS D'EXPLOITATION.

Art. 40. — Les terrains qui ont fait l'objet de permis d'exploitation devenus caducs conformément aux articles 32 et 36 sont mis en adjudication dans un délai d'un an à partir du moment où ils sont disponibles.

Ne sont admises à l'adjudication que les personnes ou les sociétés munies de l'autorisation spécifiée par les articles 1 et 2 ci-dessus.

Art. 41. — L'adjudication est annoncée six mois à l'avance par une affiche apposée au bureau des mines de la colonie et par une insertion dans le *Journal officiel* du Sénégal et du Soudan.

Elle porte sur la somme à verser immédiatement comme droit d'institution du nouveau permis; ce droit ne peut être inférieur à celui prévu par l'article 40.

Le permissionnaire déchu ne peut y prendre part; il peut faire enlever les machines et appareils avant la date de l'adjudication et sous la surveillance d'un agent de l'administration chargé de faire respecter la mine. Le produit de l'adjudication lui est acquis, déduction faite des sommes dues au Trésor.

Aussitôt après l'adjudication, le nouveau permissionnaire est soumis aux mêmes règles que ceux dont le permis a été institué conformément au titre II; il doit notamment se soumettre à l'article 39.

Dans le cas où l'adjudication n'a pas donné de résultats ou si le prix offert est inférieur à celui qui est fixé par le paragraphe 2 du présent article, le terrain fait retour à l'État et rentre dans le droit commun.

Art. 42. — Les terrains reconnus disponibles entre plusieurs périmètres après délimitation et dont une dimension est inférieure à 1 kilomètre peuvent être mis en adjudication dans les mêmes conditions et faire l'objet de permis spéciaux d'exploitation.

TITRE VI.

DE LA CIRCULATION DES GEMMES ET DES MÉTAUX PRÉCIEUX.

Art. 43. — Toute quantité de gemmes ou de métaux précieux à l'état brut doit, quelle que soit sa destination, être accompagnée d'un laissez-passer détaché d'un registre à souche tenu par le détenteur du permis. Ce laissez-passer doit indiquer le nom de l'expéditeur, celui du destinataire, celui du patron chargé du transport, la date de l'expédition, l'itinéraire suivi, la nature et le poids de la substance expédiée.

Le laissez-passer, ainsi que le registre à souche, doivent être tenus à la disposition des agents de l'autorité.

Il n'est pas dérogé par le présent article au droit conservé aux indigènes par l'article 30 d'exploiter les alluvions aurifères superficielles et d'en tirer parti.

Art. 44. — Des arrêtés du gouverneur général régleront

ultérieurement la circulation et la vente des gemmes et des métaux précieux dans l'étendue du gouvernement général du Sénégal et du Soudan.

TITRE VII.

DES CONCESSIONS PERPÉTUELLES.

Art. 45. — Un décret ultérieur réglera la forme des concessions perpétuelles, s'il en est institué.

Les permis d'exploitation seront transformés de plein droit en concessions perpétuelles, à la demande des intéressés, sous la réserve que ceux-ci se seront conformés strictement aux prescriptions du présent décret pendant la durée de leur permis d'exploitation.

TITRE VIII.

DES PÉNALITÉS.

Art. 46. — Les contraventions aux prescriptions du présent décret seront dénoncées et constatées comme les contraventions en matière de police.

Art. 47. — Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés par les officiers de police judiciaire ou affirmés entre leurs mains par les agents de la force publique dans le délai d'un mois.

Art. 48. — Ils seront adressés en originaux à l'officier du ministère public près le tribunal de première instance ou la justice de paix à compétence étendue de la région, qui sera tenu de poursuivre d'office les contrevenants à l'audience correctionnelle, sans préjudice des dommages-intérêts des parties.

Art. 49. — Des amendes de 5 à 100 francs et des emprisonnements d'un jour à cinq jours peuvent être infligés pour toutes infractions aux dispositions du présent décret autres que celles définies ci-après.

Art. 50. — Sont punis d'une amende de 100 francs à 1.000 francs et d'un emprisonnement d'un jour à cinq jours :

1° Ceux qui se livrent sans permis à l'exploitation des substances concessibles autres que les gemmes et les métaux précieux;

2° Les détenteurs de permis de recherches ou d'exploitation qui ne tiennent pas d'une façon régulière les livres prescrits aux

articles 34 et 43 ou qui refusent de les communiquer aux agents de l'autorité.

Dans le premier cas, la confiscation des substances saisies est toujours prononcée.

Art. 51. — Sont punis d'une amende de 250 francs à 5.000 francs et d'un emprisonnement de six jours à trois mois :

1° Ceux qui se livrent sans permis à l'exploitation des gemmes ou des métaux précieux ;

2° Ceux qui exportent ou tentent d'exporter des substances concessibles sans en avoir payé les droits.

Art. 52. — L'article 463 du code pénal est applicable aux dispositions du présent décret.

Art. 53. — Les officiers de police judiciaire, les agents de la force publique, sont chargés de la constatation et de la recherche de toutes les contraventions au présent décret.

Les officiers de police judiciaire auront le droit de procéder par voie de visites corporelles.

Art. 54. — Le gouverneur général réglera par des arrêtés les questions que pourra comporter l'application du présent décret.

Art. 55. — Le ministre des colonies est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 14 août 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des colonies,

ANDRÉ LEBON.

Arrêté ministériel, du 21 août 1896, rapportant l'arrêté du 26 août 1895(), qui avait prononcé la déchéance des concessionnaires des mines de lignite de DARBON (Haute-Savoie).*

(*) Volume de 1895, p. 403.

Décret du Président de la République, du 22 août 1896, portant institution de la concession des mines de plomb argentifère et autres métaux connexes de NONARDS (Corrèze).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société civile d'études et recherches des mines de plomb argentifère de Nonards, des mines de plomb argentifère et autres métaux connexes, comprises dans les limites ci-après définies, communes de Nonards, Puy-d'Arnac, Curemonte, Sionniac et Beaulieu, arrondissement de Brive, département de la Corrèze.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Nonards*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par la ligne AB partant du point A, angle sud-ouest des bâtiments appartenant au s^r Brousse, Jean, dit Joannis, fils d'Abdou, à Savignan, commune de Puy-d'Arnac, et aboutissant au point B, angle sud de la maison d'habitation du chaudfour du Moulin-Neuf appartenant au s^r Mazeyrac Abdou ;

A l'*est*, par la ligne BC partant du point B précédemment défini, et aboutissant au point C, angle nord-est de la maison du s^r Laval, Jean, au village de la Négrotte ;

Au *sud*, par la ligne CD partant du point C, précédemment défini, et aboutissant au point D, angle nord-est de la maison du s^r Sarailles-Étienne, au lieu dit « Le Puy » ;

A l'*ouest*, par la ligne DA partant du point D, précédemment défini et aboutissant au point A, également défini ci-dessus ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de trois cent quarante-sept hectares, trente ares (347^{ha}, 30^a).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger au plomb argentifère et autres métaux connexes qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Nonards.

La concession de ces gîtes de minéral pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit au concessionnaire des mines de Nonards, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — Les concessionnaires se conformeront aux disposi-

tions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si les concessionnaires veulent renoncer, etc... (conforme à l'art. 7 du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville; voir supra, p. 118).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, etc.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE NONARDS

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (voir supra, p. 121).

Art. 1^{er}. — Délai d'abornement : Six mois.

Art. 5. — Distance réservée aux abords des cours d'eau : 10 mètres.

Art. 6. — Zone de protection des chemins de fer : 10 mètres.

Décret du Président de la République, du 23 août 1896, portant institution de la concession des mines de fer de FILLIÈRES (Meurthe-et-Moselle).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société anonyme des laminoirs, hauts-fourneaux, forges, fonderies et usines de la Providence, et à la Société en commandite par actions F. de Saintignon et C^{ie}, des mines de fer comprises dans les limites ci-après définies, communes de Crusnes, Errouville, Bréhain-la-Ville, Fillières et Morfontaine, arrondissement de Briey, département de Meurthe-et-Moselle.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de concession de Fillières, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au nord : 1^o par une ligne droite joignant le point D, clocher de Crusnes, au point E, clocher de Bréhain-la-Ville (la ligne DE formant la limite sud des concessions de Crusnes et de Bréhain, instituées par décrets du 10 mars 1886) (); 2^o par une ligne droite joignant le point E au point T, angle nord-est de la ferme Thierry*

(*) Volume de 1886, p. 132 et 133.

(la ligne ET formant une partie de la limite sud-ouest de la concession de Tiercelet, instituée par décret du 10 mars 1886) (*);

A l'ouest, par une ligne droite joignant le point T au point L, intersection du bord occidental du chemin de Fillières à Bréhain-la-Ville avec une ligne droite BZ, le point B étant la borne tribale des communes d'Errouville, Bréhain-la-Ville et Fillières, et le point Z, celui où le talus ouest du chemin de Fillières à Morfontaine quitte le territoire de Fillières;

Au sud, 1° par une ligne droite joignant les points L et B; 2° par la partie BC d'une ligne droite joignant le point B au point A, clocher d'Errouville, le point C étant pris à 300 mètres du point A (la ligne brisée LBC formant une partie de la limite nord de la concession de Serrouville, instituée par décret du 17 mai 1884) (**);

A l'est, par une ligne droite joignant le point C au point D de départ (la ligne CD formant une partie de la limite nord-ouest de la concession d'Errouville, instituée par décret du 8 novembre 1895) (**);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés, cinq hectares (805^{ha}).

Art. 3. — La présente concession ne s'applique pas aux minerais de fer, qui peuvent être exploités comme minières, et restent à la disposition des propriétaires desdites minières dans les termes et conditions des articles 57, 58, 68, 69 et 70 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par les lois des 9 mai 1866 et 27 juillet 1880.

Art. 4. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minerai étranger au fer qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Fillières.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit aux concessionnaires des mines de Fillières, soit à une autre personne.

Art. 5. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

(*) Volume de 1886, p. 130.

(**) Volume de 1884, p. 179.

(***) Volume de 1895, p. 483.

Art. 6. — Les concessionnaires se conformeront aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 7. — Si les concessionnaires veulent renoncer, etc..... (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896 instituant la concession d'Urville; voir supra, p. 118*).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché, etc.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE FILLIÈRES

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (*voir supra, p. 121*).

Art. 1^{er}. — *Délai d'abornement* : Trois mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau* : 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer* : 10 mètres.

Décret du Président de la République, du 23 août 1896, portant déclaration d'utilité publique pour l'établissement d'un chemin de fer reliant la partie sud de la mine de CHAMPIGNEULLES au CHEMIN DE FER DE L'EST (Meurthe-et-Moselle).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Est déclaré d'utilité publique le chemin de fer reliant la partie sud de la mine de Champigneulles au chemin de fer de l'Est.

La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme non avenue, si les expropriations nécessaires pour l'exécution dudit chemin de fer ne sont pas accomplies dans le délai de dix-huit mois à partir du présent décret.

Art. 2. — MM. Simon, Lemut et C^{ie}, Keller et Bourgeois (*), sont autorisés à construire ce chemin de fer à leurs frais, risques et périls, suivant le tracé indiqué au plan ci-dessus visé, et conformément aux clauses et conditions du cahier des charges également ci-dessus visé.

(*) Concessionnaires de la mine de Champigneulles.

Les susdits plan et cahier des charges resteront annexés au présent décret.

Art. 3. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc...

CAHIER DES CHARGES.

TITRE I.

TRACÉ ET CONSTRUCTION.

Tracé.

Art. 1^{er}. — Le chemin de fer qui fait l'objet du présent cahier des charges partira de l'entrée de la mine de Champigneulle (partie sud) et aboutira à la ligne de Paris à Avricourt.

Il sera établi conformément aux indications du plan d'ensemble présenté, à la date du 6 novembre 1895, par MM. Simon, Lemut et C^{ie}, Keller et Bourgeois.

Approbation des projets de détail.

Art. 2. — Aucun travail ne pourra être entrepris pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances qu'avec l'autorisation de l'administration supérieure. A cet effet, les projets de tous les travaux à exécuter seront dressés en double expédition et soumis à l'approbation du ministre, qui prescrira, s'il y a lieu, telles modifications que de droit. L'une de ces expéditions sera remise à la société avec le visa du ministre ; l'autre demeurera entre les mains du ministre.

Avant, comme pendant l'exécution, la société aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'elle jugerait utiles ; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'administration supérieure.

Exécution des travaux.

Art. 3. — La société n'emploiera dans l'exécution des ouvrages que des matériaux de bonne qualité ; elle sera tenue de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des cours d'eaux et chemins publics et particuliers, seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourraient être admis par l'administration.

Clôtures.

Art. 4. — Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition

seront agréés par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle. La société pourra, en vertu des articles 20 et 22 de la loi du 11 juin 1880, être dispensée, par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle, de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie ; mais elle devra fournir des justifications spéciales pour être dispensée d'en établir :

- 1° Dans la traversée des lieux habités ;
- 2° Dans les parties contiguës à des chemins publics ;
- 3° Sur 10 mètres de longueur au moins de chaque côté des traversées de chemins.

Contrôle et surveillance des travaux.

Art. 5. — Les travaux seront exécutés sous le contrôle et la surveillance de l'administration.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à la sûreté de la circulation. Les chantiers ouverts sur le sol des voies publiques seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Réception des travaux.

Art. 6. — Lorsque les travaux seront terminés, il sera procédé à la reconnaissance de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le ministre désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le ministre autorisera, s'il y a lieu, la mise en marche du chemin de fer.

Bornage et plan cadastral.

Art. 7. — Immédiatement après l'achèvement des travaux, et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne, la société fera faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence d'un représentant de l'administration, ainsi qu'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Elle fera dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas sera dressée aux frais de la société concessionnaire, et déposée aux archives de la préfecture. Les terrains acquis par la société concessionnaire, postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui par cela même deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral ; addition sera également faite sur l'atlas, de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II.

ENTRETIEN ET EXPLOITATION.

Entretien.

Art. 8. — Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit facile et sûre. Si, par suite de défaut d'entretien ou pour toute autre cause, l'exploitation venait à présenter certains dangers, le ministre pourra interdire la circulation des bennes jusqu'à ce que la ligne ait été remise en état et que toute cause de danger ait disparu.

Dans le cas où la facilité ou la sécurité de la circulation sur les voies publiques, ainsi que le libre écoulement des eaux, viendraient à être compromis, le ministre pourra y pourvoir d'office, aux frais de la société.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Mesures de sécurité.

Art. 9. — La société sera tenue de prendre toutes les mesures qui pourront lui être prescrites par le préfet pour assurer la sécurité de l'exploitation.

TITRE III.

CLAUSES DIVERSES.

Art. 10. — Dans le cas où le gouvernement, le département ou les communes ordonneraient ou autoriseraient la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traverseraient la ligne, la société ne pourra s'opposer à ces travaux, mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucun frais pour la société.

Art. 11. — Il est interdit à la société d'établir sur le chemin de fer un service public de transport.

Art. 12. — Les frais de visite, de surveillance et de reconnaissance des travaux, et de surveillance de l'exploitation, seront supportés par la société, et le montant en sera recouvré comme en matière de contributions publiques.

Art. 13. — Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges seront supportés par la société.

Vu pour acceptation :

Pour MM. Simon, Lemut et C^{ie}, Keller et Bourgeois,
BOURGEOIS.

Approuvé :

Paris, le 23 août 1896.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

SOCIÉTÉS DE SECOURS POUR LES OUVRIERS MINEURS. —
LOI DU 16 JUILLET 1896, MODIFIANT LA LOI DU 29 JUIN 1894.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 13 août 1896.

Monsieur le Préfet, la loi du 16 juillet 1896, dont vous trouverez ci-joint le texte (*), a apporté deux modifications et une interprétation aux règles de la loi du 29 juin 1894 (**) sur les sociétés de secours des ouvriers mineurs.

D'une part, en effet, la nouvelle loi organise le vote obligatoire aux mairies pour les élections du conseil d'administration, subséquentes à celles qui ont constitué originairement les sociétés.

Elle permet, d'autre part, de partager la circonscription d'une même société en sections électorales distinctes.

Elle résout, enfin, la question de compétence entre les juges de paix pour la validation d'élections intéressant plusieurs cantons.

D'après la loi du 29 juin 1894, les élections subséquentes à la constitution originaire des sociétés pouvaient avoir lieu dans les locaux librement désignés par les statuts ou choisis par le conseil d'administration; désormais elles auront lieu nécessairement dans les mairies, comme les premières élections.

Seulement, tandis que ces premières élections sont effectuées à la diligence du préfet et par ses soins, les élections subséquentes continueront à se faire sans aucune intervention de l'autorité administrative; le maire est tenu seulement, à la demande du conseil d'administration de la société de secours, de mettre à la mairie un local à la disposition de la société. La loi s'est bornée par là à imposer, en la généralisant, une mesure déjà pratiquée dans plusieurs sociétés. Sauf pour cette prestation

(*) Voir *suprà*, p. 409.

(**) Volume de 1894, p. 358.

de local, l'autorité municipale restera absolument en dehors, à tous égards, des opérations électorales, qui continueront à s'effectuer exclusivement sous l'empire des statuts.

La loi nouvelle prévoit, d'ailleurs, implicitement que le vote peut avoir lieu simultanément dans plusieurs mairies, ainsi du reste que l'usage l'avait consacré avec le texte de la loi du 29 juin 1894.

Cette modification de la loi va nécessiter le changement de tous les statuts approuvés, en vue de les mettre en harmonie avec les nouvelles dispositions. Les seuls statuts qui pourraient subsister sans être modifiés seraient ceux ne contenant aucune allusion directe ou indirecte au lieu de vote. Tous les autres devront être revisés, même lorsqu'ils prévoyaient le vote aux mairies, par la raison que, dans ce cas, cette clause n'a pu être homologuée que sous la réserve du consentement préalable du maire; cette réserve serait incompatible avec la nouvelle loi; elle ne pourrait donc rester dans les statuts.

Si, dans un délai raisonnable, que l'on peut estimer à un mois environ, les sociétés qui ont à modifier leurs statuts ne vous avaient pas adressé leurs délibérations à cet effet, vous auriez, sur les indications et les propositions des ingénieurs des mines, à les mettre en demeure d'y procéder avant une date que vous leur fixeriez.

Les conseils d'administration n'oublieront pas que le refus persistant de leur part de changer leurs statuts dans les conditions qui viennent d'être dites serait de nature à entraîner contre eux les sanctions prévues par la loi du 29 juin 1894, article 17.

Dans le cas où une société voudrait user de la faculté du sectionnement pour la nomination des membres du conseil d'administration, elle aura à examiner s'il ne serait pas opportun de profiter de la modification obligatoire à introduire dans les statuts pour assurer le vote aux mairies, afin de régler simultanément cette question de sectionnement. Une même instruction suffirait, et il pourrait être statué par une seule décision.

Les sociétés qui voudront user de cette faculté ne devront pas oublier que, d'une part, chaque section doit élire au moins deux conseillers et que, d'autre part, le nombre total des conseillers à élire par les ouvriers dans toutes les sections ou dans la circonscription doit être un multiple de deux, afin que l'exploitant puisse toujours être représenté, sur sa désignation, par un nombre de conseillers égal au tiers de ceux devant constituer la totalité du conseil.

Je n'ai pas besoin de rappeler que, quel que soit le nombre des sections, le nombre des suppléants à élire demeure fixé à deux pour la circonscription entière et que chacun d'eux doit être élu par l'ensemble des électeurs de la circonscription.

Les statuts révisés pourraient même régler définitivement la troisième question touchée par la loi du 16 juillet 1896, en désignant une fois pour toutes, s'il y échet, soit pour la circonscription, soit pour chacune de ces sections, la commune où seront centralisés les résultats du vote et où le vote sera proclamé.

Vous voudrez bien notifier la présente circulaire à chacune des sociétés de secours existant dans votre département; je vous envoie le nombre d'exemplaires nécessaires à cet effet.

J'en adresse directement ampliation aux ingénieurs des mines et je vous prie de vouloir bien m'accuser réception du présent envoi.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

LOI DU 29 JUIN 1894 SUR LES CAISSES DE SECOURS ET DE RETRAITES
DES OUVRIERS MINEURS. — QUESTIONS D'APPLICATION EN CE QUI
CONCERNE LES VERSEMENTS POUR LA RETRAITE.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 13 août 1896.

Monsieur le Préfet, l'application de la loi du 29 juin 1894 (*) soulève, en ce qui concerne les versements à faire à la caisse nationale des retraites, en vertu du titre II, diverses questions sur lesquelles, soit la commission supérieure de la caisse des retraites, soit l'administration de la caisse des dépôts et consignations, ont été appelées à se prononcer.

Ces questions présentent une certaine généralité: il me paraît intéressant de porter les solutions qu'elles ont reçues à la connaissance des exploitants de mines. Tel est l'objet de la présente circulaire, dans laquelle je vais les passer successivement en revue.

J'examinerai également l'interprétation que semble comporter l'article 25 de la loi, sous réserve de l'interprétation définitive que peut seule donner l'autorité judiciaire.

(*) Volume de 1894, p. 358.

I. — Quel emploi doit-on faire des sommes réunies au compte d'ouvriers qui ont atteint l'âge de cinquante-cinq ans avant qu'un versement pût être effectué à leur profit à la caisse nationale des retraites et qui ne désirent pas prolonger leur contribution au-delà de cet âge ?

Il n'y a d'autre parti à prendre que de rembourser purement et simplement aux ouvriers le montant des retenues qui ont été prélevées sur leur salaire : d'une part, le versement à la caisse nationale des retraites des sommes existant au compte de l'ouvrier ne produirait aucun effet utile, en raison du peu d'importance de ces sommes et de la détermination prise par cet ouvrier de ne plus opérer de versements ; d'autre part, la contribution patronale devient sans objet, du moment qu'aucun versement n'est effectué en vue de la retraite.

II. — Quel emploi peuvent avoir les reliquats de compte des ouvriers qui, pour une cause quelconque, ont cessé de faire partie du personnel de la mine, lorsque la somme en est inférieure au minimum fixé pour les versements à la caisse des retraites ?

On peut s'arrêter à l'une des trois déterminations suivantes : a) utiliser les bulletins-retraites dont l'emploi est autorisé par l'article 14 du décret du 28 décembre 1886 (*) ; le reliquat appartenant soit à l'ouvrier, soit à son conjoint, leur serait remis sous la forme de timbres-postes apposés sur ces bulletins ; la somme de 1 franc serait ensuite complétée par l'ouvrier lui-même ou par l'exploitant chez lequel il irait travailler ultérieurement ; b) arrondir la somme acquise à l'ouvrier, au moyen d'un léger versement complémentaire de l'exploitant ou de cet ouvrier ; c) remettre purement et simplement à l'ouvrier comme complément de salaire la fraction inférieure à 1 franc.

III. — Lorsque des ouvriers quittent le service d'un exploitant sans lui avoir fourni les pièces nécessaires pour les déclarations de premier versement à effectuer à la caisse nationale des retraites, comment, dans de telles conditions, cet exploitant peut-il se décharger des sommes inscrites au crédit de ces ouvriers ?

Il ne peut s'agir de contraindre l'exploitant à la procédure des offres réelles suivies de consignation, qui entraînerait des frais hors de proportion avec les sommes en jeu. L'exploitant pourra se libérer en versant à la caisse des retraites les sommes dues, au compte des ouvriers intéressés ; mais la liquidation des droits

(*) Volume de 1894, p. 433.

correspondants sera différée jusqu'à la justification régulière de l'âge des titulaires, base indispensable de la constitution de toute rente viagère. Si les intéressés produisent cette justification dans un délai maximum de six mois à compter du jour du versement à la caisse nationale des retraites, il pourra être procédé à la liquidation de la rente avec valeur du jour du versement. Cette mesure bienveillante ne sera plus applicable, si la production des pièces régulières n'est effectuée que plus de six mois après le versement, et, dans ce cas, il sera procédé à la liquidation de la rente, avec valeur du jour de la demande accompagnée des pièces réglementaires.

Les exploitants pourraient, d'ailleurs, s'ils estimaient que cette mesure ou toute autre analogue ne présente pas d'inconvénients, afficher, pendant un certain temps, les noms des ouvriers qui n'auraient pas produit les pièces nécessaires à la déclaration régulière de premier versement, avec mention des conséquences qu'entraîne cette omission pour les intéressés.

IV. — Lorsqu'un ouvrier ne peut fournir son acte de naissance en vue du premier versement à la caisse des retraites, il suffit, si l'intéressé est marié, qu'il produise un extrait de l'acte de notoriété qu'il a dû remettre à l'officier de l'état civil, lors de son mariage, ou même une copie, sur papier libre, de son acte de mariage, relatant les indications relatives à sa naissance.

V. — Aux termes de l'article 25 de la loi du 29 juin 1894, tout ouvrier ou employé, au profit duquel une pension de retraite est actuellement en cours d'acquisition, est dispensé de la retenue prescrite par l'article 2, s'il déclare, devant le maire de la commune de sa résidence, qu'il entend renoncer au bénéfice de cet article. Il lui est délivré récépissé de cette déclaration. Dans ce cas, et pendant toute la durée de la renonciation, l'exploitant est également dispensé du versement qui lui incombe.

Comment ces dispositions doivent-elles être entendues ? Le maire peut-il se refuser à donner récépissé de la déclaration, quand il estime qu'elle n'est pas conforme à la réalité des faits ? L'ouvrier qui a réclamé le bénéfice de l'article 25 peut-il être admis ensuite à rentrer dans le droit commun.

a) L'article 25 doit être entendu en ce sens que la déclaration n'a d'effet qu'au regard de l'entreprise dans laquelle une pension était en cours d'acquisition au moment de la promulgation de la loi. L'ouvrier qui se déplace ne peut emporter le bénéfice de sa déclaration pour l'opposer au nouvel exploitant, chez lequel il aura été embauché ultérieurement. Entre cette nouvelle entre-

prise et l'ouvrier, il n'y avait pas, au moment de la promulgation de la loi, le lien de droit dont l'article 25 suppose nécessairement l'existence, et la déclaration primitive de l'ouvrier reste sans effet vis-à-vis du nouvel exploitant. L'ouvrier ne peut, d'autre part, en faire utilement une nouvelle, puisque, dans cette seconde entreprise, il n'y avait pas pour lui, au moment de la promulgation de la loi, une pension « actuellement en cours d'acquisition », c'est-à-dire résultant d'anciennes institutions auxquelles l'ouvrier aurait été participant.

L'article 25 interprété autrement conduirait à la négation de la loi, ce que n'a pu vouloir le législateur. Dans ces conditions de fait, dont il a nécessairement connaissance, l'exploitant qui n'aurait pas opéré les retenues sur le salaire aussi bien que le versement qui lui incombe pourrait être éventuellement exposé à des revendications civiles.

b) Le maire est toujours tenu de donner récépissé de la déclaration qui lui est faite. Il n'a pas à s'assurer au préalable que l'ouvrier est bien en situation de bénéficier de la disposition de la loi; il lui serait impossible, dans la plupart des cas, de procéder utilement à cette vérification et il lui faudrait apprécier des droits pour lesquels il est incompétent à tous égards. Mais le récépissé n'a pas d'autre valeur que de prouver que la déclaration a été effectuée; le certificat ainsi délivré ne préjuge rien sur la réalité du droit de l'ouvrier à pension et, par suite, sur son droit à réclamer l'application de l'article 25. Cet article, comme il vient d'être dit, ne joue valablement qu'entre l'ouvrier et l'exploitant dans l'entreprise duquel celui-là avait une pension en cours d'acquisition au moment où la loi a été promulguée.

c) En disant que la suspension des versements a lieu pendant toute la durée de la renonciation, l'article 25 paraît bien indiquer que l'ouvrier ou l'employé peut toujours faire cesser le privilège de cet article et rentrer dans le droit commun, tout en demeurant attaché à l'exploitation dans laquelle l'application dudit article lui avait été tout d'abord faite sur sa demande.

J'adresse directement ampliation de la présente circulaire à MM. les ingénieurs des mines. Je vous en envoie ci-inclus un nombre d'exemplaires suffisant pour que vous puissiez la distribuer à tous les exploitants de mines de votre département.

Veuillez, je vous prie, m'en accuser réception.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

**MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE, DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.**

Direction du travail et de l'industrie. — Bureau de l'industrie.

**DYNAMITE. — INSTRUCTION PAR LE SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES DES
AFFAIRES Y RELATIVES, LORSQU'IL N'Y A PAS D'INGÉNIEUR EN CHEF DES
MINES DANS LE DÉPARTEMENT.**

A M. le Préfet du département d

Paris, le 25 août 1896.

Monsieur le Préfet, l'attention de mon département a été appelée sur la question de savoir si l'instruction des affaires de dynamite devait être confiée au service des ponts et chaussées, lorsqu'il n'y a pas d'ingénieur en chef des mines dans le département. Le comité consultatif des arts et manufactures s'est prononcé dans le sens de l'affirmative, les mots *sans délai* employés dans l'article 3 du décret du 28 octobre 1882 (*) pouvant difficilement se concilier, suivant lui, avec la nécessité de faire appel à des fonctionnaires résidant dans un département autre que celui du préfet qui a reçu la déclaration de l'intéressé.

De son côté, M. le ministre des travaux publics a adopté la manière de voir du comité consultatif des arts et manufactures, reconnaissant que l'organisation du service des ponts et chaussées possède toutes les facilités nécessaires pour instruire rapidement et sans grandes dépenses les affaires auxquelles donne lieu l'application du décret précité.

Je vous serais, en conséquence, obligé de vouloir bien prendre des mesures pour que la nouvelle procédure que je viens d'indiquer soit suivie, le cas échéant, dans votre département.

Recevez, etc.

*Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
HENRY BOUCHER.*

(*) Volume de 1882, p. 265.

EXPLOSIFS DE SURETÉ. — CALCUL DE LA TEMPÉRATURE DE DÉTONATION.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 29 août 1896.

Monsieur le Préfet, ~~en~~ **conformité** d'une circulaire d'un de mes prédécesseurs, du 1^{er} août ~~1890~~ (*), vous avez imposé à toutes les mines à grisou ou à poussières ~~inflammables~~ de votre département l'emploi d'explosifs de sûreté dans ~~des~~ conditions que stipulait ladite circulaire. La température de ~~détonation~~ de ces explosifs doit rester au-dessous de valeurs déterminées ~~suivant~~ les circonstances, et cette température doit être évaluée d'après ~~un~~ calcul et avec des éléments que la circulaire précitée indiquait ~~pour~~ un certain nombre de substances et que vos arrêtés ont dû reproduire.

Depuis cette époque, de nouvelles recherches ont permis de déterminer les quantités de chaleur dues à la décomposition et les chaleurs spécifiques avec une approximation beaucoup plus grande.

D'autre part, il a paru utile de donner des éléments plus étendus, afin de permettre éventuellement de contrôler les températures de détonation d'un plus grand nombre d'explosifs.

En conséquence, sur les indications qui m'ont été fournies par la commission du grisou, j'ai décidé que les deux tableaux qui figuraient à l'annexe du projet d'arrêté joint à la circulaire du 1^{er} août 1890, seraient remplacés par les deux tableaux ci-joints, établis d'après ceux publiés dans le *Mémorial des poudres et salpêtres* (t. VII, 1894, p. 231 et suiv. ; — *Théorie des explosifs*, par Émile SARRAU).

Il vous sera inutile de prendre de nouveaux arrêtés pour modifier ceux par vous déjà pris, contenant des valeurs différentes pour les quantités de chaleur ou les chaleurs spécifiques. Il vous suffira de faire notifier la présente circulaire à tous les exploitants qui auraient intérêt à la connaître ; ceux-ci devront la considérer comme modifiant de façon appropriée vos arrêtés antérieurs, par décision rendue comme en matière de recours hiérarchique.

Vous voudrez bien m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'ai adressé directement ampliation aux ingénieurs des mines.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

(*) Volume de 1890, p. 370.

TABLEAU I.

leur dégagée par la formation des corps composés, à partir de leurs éléments, les composants et les composés étant pris, dans leur état actuel, à + 15°.

SUBSTANCES		FORMULES			QUANTITÉS de CHALEUR	
Composés hydrogénés.	Acide chlorhydrique (gaz).....	HCl	=	36 gr. 5..	+	22.0 calories.
	Eau (gaz).....	H ² O.	=	18 0..	+	58.2
	Eau (liquide).....	H ² O	=	18 0..	+	69.0
	Acide sulfhydrique (gaz).....	H ² S	=	34 0..	+	4.8
	Ammoniaque (gaz).....	AzH ³	=	17 0..	+	12.2
Composés oxygénés sulfurés.	Protoxyde d'azote (gaz).....	Az O.	=	44 0..	—	20.6
	Protoxyde d'azote (liquide).....	Az O.	=	44 0..	—	18.0
	Bioxyde d'azote.....	Az O.	=	30 0..	—	21.6
	Acide hypozotique (liquide).....	Az O ²	=	46 0..	+	1.8
	Acide azotique (liquide).....	Az O ³ H	=	63 0..	+	41.6
	Acide carbonique.....	CO ²	=	44 0..	+	94.3
	Oxyde de carbone.....	CO	=	28 0..	+	26.0
	Acide sulfureux.....	SO ²	=	64 0..	+	69.2
	Sulfure de carbone (gaz).....	CS ²	=	76 0..	—	19.0
Nitrates.....	Sulfure de carbone (liquide).....	CS ²	=	76 0..	—	25.4
	Azotate d'ammoniaque.....	Az ² H ⁴ O ³	=	80 0..	+	88.6
	Azotate de potasse.....	Az O ³ K	=	101 0..	+	119.0
Chlorates.....	Azotate de soude.....	Az O ³ Na	=	85 0..	+	110.6
	Chlorate de potasse.....	Cl O ³ K	=	122 5..	+	93.8
Carbonates.....	Chlorate de soude.....	Cl O ³ Na	=	106 5..	+	84.8
	Carbonate de potasse.....	CO ³ K ²	=	138 0..	+	278.8
Sulfates.....	Carbonate de soude.....	CO ³ Na ²	=	106 0..	+	274.8
	Sulfate de potasse.....	SO ⁴ K ²	=	174 0..	+	344.2
Sulfures.....	Sulfate de soude.....	SO ⁴ Na ²	=	142 0..	+	328.0
	Sulfure de potassium.....	SK ²	=	110 0..	+	103.4
Chlorures.....	Sulfure de sodium.....	SNa ²	=	78 0..	+	89.2
	Chlorure de potassium.....	KCl	=	74 5..	+	105.7
Hydrocarbures.	Chlorure de sodium.....	NaCl	=	58 5..	+	97.9
	Acétylène.....	C ² H ²	=	26 0..	—	58.1
	Ethylène.....	C ² H ⁴	=	28 0..	—	14.6
	Ethane (hydrure d'éthylène).....	C ² H ⁶	=	30 0..	+	23.3
	Méthane (formène).....	CH ⁴	=	16 0..	+	18.9
	Benzine (gaz).....	C ⁶ H ⁶	=	78 0..	—	11.3
	Benzine (liquide).....	C ⁶ H ⁶	=	78 0..	—	4.1
	Naphtaline (liquide).....	C ¹⁰ H ⁸	=	128 0..	—	27.4
	Naphtaline (solide).....	C ¹⁰ H ⁸	=	128 0..	—	22.8
Alcools, sels, etc.	Phénol (liquide).....	C ⁶ H ⁶ O	=	94 0..	+	34.5
	Phénol (solide).....	C ⁶ H ⁶ O	=	94 0..	+	36.8
	Glycérine (liquide).....	C ³ H ⁸ O ³	=	92 0..	+	161.7
	Mannite.....	C ⁶ H ¹⁴ O ⁶	=	182 0..	+	320.0
	Cellulose (coton).....	C ²⁴ H ⁴⁰ O ²⁰	=	648 0..	+	921.6

TABLEAU I (Suite).

SUBSTANCES		FORMULES			QUANTITÉ de CHALEUR	
Éthers	Éther méthylique (gaz).....	C^2H^6O	=	46 gr. 0..	+	51.1 cal
	Ether ordinaire (gaz).....	$C^4H^{10}O$	=	74 0..	+	62.8
	Ether azotique.....	$C^2H^5O^3Az$	=	91 0..	+	48.7
	Nitroglycérine.....	$C^3H^5O^9Az^3$	=	227 0..	+	94.5
	Nitromannite.....	$C^6H^8O^{18}Az^6$	=	432 0..	+	179.1
	Coton poudre.	Cellulose endécanitrique...	$C^{24}H^{29}O^{12}Az^{11}$	= 1143 0..	+	631.0
		Cellulose eunéanitrique.....	$C^{24}H^{31}O^{38}Az^9$	= 1053 0..	+	681.0
		Cellulose octonitrique.....	$C^{24}H^{32}O^{36}Az^8$	= 1008 0..	+	705.0
Composés azotés	Cyanogène (gaz).....	C^2Az^2	=	52 0..	—	73.9
	Fulminate de mercure.....	$C^2HgO^2Az^2$	=	284 0..	—	63.5
	Azonate de diazobenzol.....	$C^6H^5O^3Az^3$	=	167 0..	—	45.6
	Acide picrique.....	$C^6H^3O^7Az^3$	=	229 0..	+	46.8
	Picrate d'ammoniaque.....	$C^6H^6O^7Az^4$	=	246 0..	+	80.1
	Picrate de potasse.....	$C^6H^2KO^7Az^3$	=	267 0..	+	115.3
	Nitrobenzine.....	$C^6H^5O^2Az$	=	123 0..	—	4.0
	Binitrobenzine.....	$C^6H^4O^4Az^2$	=	168 0..	+	13.0
	Trinitrobenzine.....	$C^6H^3O^6Az^3$	=	213 0..	+	22.0
	Nitronaphtaline.....	$C^{10}H^7O^2Az$	=	173 0..	—	14.7
	Binitronaphtaline.....	$C^{10}H^6O^4Az^2$	=	218 0..	—	5.7
	Trinitronaphtaline.....	$C^{10}H^5O^6Az^3$	=	263 0..	+	3.3
	Cyanure de potassium.....	$CAzK$	=	65 0..	+	29.4

TABLEAU II.

Chaleurs spécifiques (calories) rapportées à 1 gramme de substance.

SUBSTANCES		CHALEUR SPÉCIFIQUE
Carbonate de baryte.....		0.11 calories
Carbonate de potasse.....		0.21
Carbonate de soude.....		0.27
Sulfate de potasse.....		0.19
Sulfate de soude.....		0.225
Sulfure de potassium.....		0.162
Sulfure de sodium.....		0.222
Chlorure de potassium.....		0.173
Chlorure de sodium.....		0.213
Cyanure de potassium.....		0.161
Silice.....		0.195
Charbon de bois.....		0.241

JURISPRUDENCE.

MINES. — DOMMAGES CAUSÉS A LA PROPRIÉTÉ SUPERFICIAIRE PAR SUITE D'UNE INTERDICTION D'IRRIGUER. — RÈGLEMENT DE L'INDEMNITÉ DUE (affaire époux MOUROT contre C^{ie} DES HOUILLÈRES D'AHUN).

I. — Jugement rendu, le 30 juin 1894, par le tribunal civil d'Aubusson.

(EXTRAIT.)

Attendu que les époux Mourot sont propriétaires de deux prés contigus, dits prés des Prats, figurés au plan cadastral de la commune de Lavaveix-les-Mines sous les n^{os} 392 et 393 ;

Attendu que, suivant arrêté du préfet de la Creuse, du 7 décembre 1875, l'irrigation du pré n^o 393 a été interdite sur la demande et dans l'intérêt de la compagnie houillère ;

Que cet arrêté a été notifié aux époux Mourot le 21 décembre 1886, et que, depuis cette époque, ces derniers ont été dans l'impossibilité d'irriguer aussi bien le pré n^o 392 que le pré n^o 393 ;

Attendu, il est vrai, que le pré porté au plan, sous le n^o 392, n'est pas compris dans l'arrêté d'interdiction du 7 décembre 1875, mais que la compagnie a reconnu que l'irrigation en a été impossible à partir de la même époque que celle du pré n^o 393 ; que, lors du jugement du 10 juin 1890, elle a demandé acte de ce qu'elle était prête à régler avec les époux Mourot, comme si l'interdiction eût été aussi applicable audit n^o 392, et que, par le dit jugement du 10 juin 1890, il a été fait acte de cette offre et de son acception par les époux Mourot ;

Attendu que la demande des époux Mourot tend à faire décider que la compagnie houillère sera tenue de leur payer au double le préjudice par eux subi, par suite du défaut d'irrigation de leurs deux prés sus-désignés depuis le 21 décembre 1885, et que la compagnie sera tenue également d'acquérir au double du prix d'estimation les deux susdits prés, et que le jugement à intervenir tiendra lieu de vente.

En ce qui touche l'indemnité à raison de la privation de jouissance :

Attendu qu'il résulte des constatations de l'expert commis par le susdit jugement du 10 juin 1890, qui a fait en ce point une juste appréciation des faits, que la privation d'irrigation a causé aux deux prés des demandeurs une diminution de récolte, et que, par suite, une indemnité leur est due ;

Attendu que l'expert estime que ces deux prés, mesurant ensemble, d'après son rapport, environ 54 ares 30 centiares, pouvaient produire annuellement 25 quintaux métriques de foin, valant annuellement, à raison de 6 francs le quintal métrique, 150 francs, et qu'il évalue la réduction de la récolte par suite de la privation d'irrigation prolongée à 30 0/0 pour la première année, à 40 0/0 pour la deuxième, à 45 0/0 pour la troisième et à 50 0/0 pour la quatrième et, s'il y a lieu, pour chacune des années suivantes ;

Attendu que ces appréciations et évaluations paraissent raisonnables et qu'il y a lieu de les accepter ;

Attendu que, par suite des calculs faits sur ces bases, le rapport établit que, pour l'ensemble des quatre années 1887, 1888, 1889 et 1890, le déficit du produit net de la récolte causé par la privation prolongée de l'irrigation doit être évalué à 247 fr. 50, ci 247 fr. 50

Attendu qu'il convient d'ajouter à cette somme, pour le déficit de la récolte de la présente année, jusqu'au 21 décembre prochain (cinquième année) la récolte du foin étant, pour la présente année, atteinte irrémédiablement dès à présent, à raison de 50 0/0, de 150 francs, celle de 75 francs ; ci 75 fr. 00

De sorte que le préjudice total, pour cinq années, jusqu'au 21 décembre prochain, est au simple de la somme de 322 fr. 50, ci 322 fr. 50.

Attendu, il est vrai, que, dans une lettre du 29 décembre 1890, écrite par l'expert et produite aux débats, laquelle devra être enregistrée en même temps que le présent jugement et devra rester annexée au rapport, l'expert indique qu'une erreur de 3 ares 60 centiares a été commise au rapport, pour la parcelle n° 392, qui, au lieu de 21 ares 40 centiares, doit être portée à 25 ares, soit 3 ares 60 en plus ; mais que l'expert dit aussi que, toutefois, cette augmentation ne peut modifier en rien ce rendement annuel indiqué dans le rapport, lequel rendement, ajoute-t-il, a été évalué d'après un examen approfondi des lieux et sur les renseignements recueillis sur le rendement moyen de plusieurs années antérieures à la privation d'irrigation, et qu'il

explique que ce supplément d'étendue peut avoir son importance dans le cas où Mourot obligerait la compagnie à acquérir les deux héritages ;

Attendu que l'indemnité pour le préjudice ci-dessus relevé doit, aux termes de l'article 43 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, être payé au double ;

Attendu que c'est vainement que la compagnie houillère soutient que ce ne sont pas les dispositions des paragraphes 2 et 3 de ce nouvel article, fixant le mode de calcul de l'indemnité au double, mais bien les dispositions du paragraphe dernier soumettant le règlement de l'indemnité au droit commun, c'est-à-dire au paiement simple, pour le cas qu'il indique, qui doivent être appliquées dans l'espèce ;

Attendu qu'il suffit de se mettre sous les yeux la partie du rapport de M. Brossard, à la chambre des députés, relative au dernier paragraphe, introduit dans l'ancien article 43 par la loi de 1880, pour être convaincu que le cas qui est soumis au tribunal ne peut rentrer dans les cas prévus par ce dernier paragraphe, mais rentre, au contraire, dans ceux prévus par l'article 43 de la loi de 1810 et les paragraphes 2 et 3 du nouvel article de la loi de 1880 ;

Attendu, en effet, que, par ce dernier paragraphe, qui a été introduit dans l'ancien article 43, le législateur de 1880 n'a fait que consacrer par un texte de la loi, la jurisprudence formulée par la cour de cassation par son arrêt du 23 juillet 1862 (chambres réunies), après une vive controverse qui s'était élevée sur l'interprétation et l'application de l'article 43 de la loi de 1810 ;

Qu'il résulte très nettement des termes du rapport de M. Brossard, que le législateur de 1810, par ce dernier paragraphe, n'a entendu viser que les travaux souterrains, exempter du paiement au double et soumettre au droit commun que les dommages résultant de fissures ou autres dégâts résultant de l'exploitation souterraine, parce que, dit M. Brossard : « lorsque ces dommages se produisent, l'exploitant se trouve chez lui, il extrait des richesses qui sont siennes, il jouit de son bien propre », mais qu'il en est autrement, lorsqu'il s'agit de dommages causés par des travaux entrepris à la surface, qui doivent être réglés suivant les dispositions des paragraphes 2 et 3 de l'article (c'est-à-dire au double) parce que « lorsque, au contraire », dit encore M. Brossard, « il (l'exploitant) exécute des travaux superficiels, il prend possession des biens d'autrui, prive le propriétaire de la jouissance de ce qui lui appartient et ne travaille plus chez lui » ; il est donc natu-

rel d'admettre une différence entre les deux cas et d'allouer une indemnité plus forte dans le second que dans le premier ;

Qu'il est impossible de comprendre dans les travaux souterrains visés par ce dernier paragraphe de l'article 43 la défense d'irrigation imposée aux demandeurs par la compagnie houillère, que cette défense d'irriguer leurs prés rentre, au contraire, nécessairement dans les travaux superficiels dont parle M. Brossard, compris aux paragraphes 2 et 3, parce que le droit d'irrigation est inhérent au droit même de propriété de la surface, et que l'interdiction imposée par la compagnie houillère d'irriguer est une véritable main mise par cette compagnie sur les eaux d'irrigation, dont le propriétaire est temporairement dépossédé par elle ;

Attendu, en conséquence, qu'il y a lieu d'évaluer l'indemnité au double, conformément aux dispositions du deuxième paragraphe, et cela, avec d'autant plus de raison que l'arrêté préfectoral du 7 décembre 1875, en vertu duquel la défense d'irriguer a été faite par la compagnie houillère aux demandeurs, vise l'ancien article 43 de la loi de 1810, qui ne s'occupait que des cas où l'indemnité doit être portée au double ;

Qu'ainsi, l'indemnité ci-dessus fixée, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, pour les cinq années, du 21 décembre 1886 au 21 décembre 1891, fixée à 322 fr. 50, doit être portée à 322 fr. 50 multipliée par 2, soit à 645 francs.

En ce qui touche l'obligation par la compagnie houillère d'acquérir les deux prés objets du procès :

Attendu que, d'après ce qui vient d'être expliqué au sujet du règlement de l'indemnité, la défense d'irriguer constituant, de la part de la compagnie, une véritable occupation qui prive les propriétaires d'une partie de la jouissance du sol des prés en question, et cette occupation qui dure, pour la totalité de ces prés, depuis le 21 décembre 1886, c'est-à-dire depuis bien plus d'un an, rentrant dans les cas prévus par le paragraphe 3 de l'article 43 de la loi du 27 juillet 1880, il en ressort nécessairement pour la compagnie houillère concessionnaire, puisque les époux Mourot l'exigent, l'obligation d'acquérir la totalité de ces deux prés, au double de la valeur qu'ils avaient, avant l'occupation, parce que, aux termes de ce paragraphe 3, de l'article 43, lorsque cette occupation prive le propriétaire de la jouissance du sol, les propriétaires peuvent exiger du concessionnaire l'acquisition du sol ; que le paragraphe 4 de cet article ajoute que la pièce de terre trop endommagée ou dégradée sur une trop grande partie de sa surface doit être achetée en totalité, si le

propriétaire l'exige, et que le paragraphe 5 dit formellement que le terrain à acquérir ainsi sera toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant l'occupation ;

Qu'il y a donc lieu de rechercher quelle était la valeur des deux prés en question avant l'occupation, c'est-à-dire au moment de la suppression de l'irrigation ;

Attendu qu'il résulte du rapport de l'expert qui, en ce point, a fait une évaluation qui paraît équitable, que la valeur vénale de ces deux prés, au moment de la suppression de l'irrigation, était de 60 francs l'are, ce qui, pour 54 ares environ, formant, d'après le rapport, la surface des deux prés, donne bien la somme de 3.250 francs, portée audit rapport, ci..... 3.250 fr.

Mais, attendu qu'il a été expliqué plus haut que l'expert, comme celui-ci l'indique dans sa lettre du 29 décembre 1890 sus-visée, a omis dans son rapport, pour le pré n° 392, par erreur, une surface de 3 ares 60, erreur qui n'a pas été contestée par la compagnie houillère, et que, par suite, il y a lieu d'augmenter la valeur vénale des deux prés de cette surface qui, à raison de 60 francs l'are, donne une somme de 216 francs ($60 \times 3,60$)..... 216 fr.

Total..... 3.466 fr.

De sorte que la valeur vénale de ces deux prés avant l'occupation était de 3.466 francs qui, portée au double, donne la somme de 6.932 francs, prix auquel la compagnie houillère, aux termes des paragraphes sus-visés de l'article 43 de la loi du 27 juillet 1880 doit être tenue d'acquérir les deux prés ;

Attendu que l'indemnité au double pour défaut de jouissance étant réglée ci-dessus jusqu'au 21 décembre 1891, sans intérêts jusque-là, mais avec intérêts du prix, se trouve compensée jusqu'à cette époque par la valeur de la jouissance et que, par suite, la compagnie sera tenue d'acquérir au prix sus-indiqué les deux prés d'ici au 21 décembre 1891, sans intérêts jusque-là, mais avec intérêts de cette dernière époque ; à défaut de quoi, le présent jugement, dès qu'il aura acquis l'autorité de la chose jugée, tiendra lieu de vente, avec intérêts dudit jour 21 décembre 1891 ;

Par ces motifs, le tribunal, ouï les avoués et avocats des parties et le ministère public, vidant son délibéré et jugeant en premier ressort ;

Dit que la lettre sus-visée de l'expert sera enregistrée en même temps que le présent jugement, pour rester annexée à son susdit rapport ;

Condamne la C^{te} houillère d'Ahun, défenderesse, à payer aux demandeurs la somme de 643 francs sus-indiquée, pour la diminution de la récolte de leurs deux prés, objets du procès, pendant les cinq années du 21 décembre 1886 au 21 décembre 1891 ;

Dit que d'ici au 21 décembre 1891 ladite compagnie houillère sera tenue d'acquérir au prix de 6.932 francs, ci-dessus fixé, les deux prés n^{os} 392 et 393, objets du procès, appartenant aux demandeurs, sans intérêts jusqu'au 21 décembre 1891, mais avec intérêts à partir de cette date, et qu'à défaut par la compagnie de ce faire, le présent jugement, dès qu'il aura acquis l'autorité de la chose jugée, tiendra lieu de vente ;

Et condamne ladite compagnie défenderesse aux dépens.

— *Arrêt rendu, le 26 janvier 1892, par la cour d'appel de Limoges.*

(EXTRAIT.)

La cour, adoptant les motifs des premiers juges, met l'appel à néant, confirme le jugement dont est appel, ordonne qu'il sortira en plein et entier effet, et condamne l'appelante à l'amende et aux dépens.

III. — *Arrêt rendu, le 6 juin 1896, par la cour de cassation (chambre civile).*

(EXTRAIT.)

Attendu que, d'après l'article 1149 du code civil, les dommages-intérêts dus au créancier sont de la perte qu'il a faite et du gain dont il a été privé, et que cette règle de droit commun doit être observée toutes les fois qu'il n'y a pas été dérogé par une disposition formelle ;

Attendu que des termes de l'article 43 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, il résulte que, si cet article se réfère à une somme double du produit net du terrain endommagé, l'indemnité due par le concessionnaire de la mine au propriétaire de la surface est au double le prix d'acquisition de cette surface, et est seulement pour le cas où le terrain a été occupé par ledit concessionnaire, d'où suit qu'en dehors de cette hypothèse le droit commun conserve son empire ;

Attendu que des constatations de l'arrêt attaqué il résulte qu'à aucun moment les époux Mourot n'ont été privés de la jouissance des terrains leur appartenant, lesquels n'ont jamais été occupés par la compagnie houillère dans les conditions prévues par l'article 43 de la loi du 27 juillet 1880 ; qu'ils se sont uniquement plaints de la privation des eaux à l'aide desquelles ils irriguaient leur propriété ;

Que, par suite, l'arrêt attaqué, en condamnant ladite C^{ie} houillère d'Ahun à l'indemnité au double pour dommage causé aux terrains litigieux et à l'acquisition au double de ces mêmes terrains au profit des consorts Mourot, a violé les articles sus-visés ;

Par ces motifs, casse et annule l'arrêt rendu entre les parties par la cour d'appel de Limoges le 26 janvier 1892 ; remet en conséquence la cause et les parties au même et semblable état où elles étaient avant ledit arrêt et, pour être fait droit, les renvoie devant la cour d'appel de Bourges.

PERSONNEL

I. — Ingénieurs.

DÉCÈS.

M. Barrat, Ingénieur ordinaire de 3 ^e classe....	Date de son 6 juin 1896
M. Matrot, Inspecteur général de 2 ^e classe, en retraite	3 août 1896
M. Résal, Inspecteur général de 1 ^{re} classe	25 août 1896

II. — Contrôleurs.

DÉCÈS.

M. Lafont (Étienne), Contrôleur principal, Nord, service du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes.....	Date de son 29 août 1896
--	-----------------------------

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 13 août 1896. — Le service du contrôle de l'exploitation de la ligne de la Brohinière à Dinan et de la section de Châteaubriant à Messac, de la ligne de Châteaubriant à Pornic (réseau de l'Ouest), est rattaché, savoir :

1^o Pour le contrôle de la voie et des bâtiments : au 4^e arrondissement d'Ingénieur ordinaire, au Mans ;

2^o Pour le contrôle de l'exploitation technique : au 3^e arrondissement d'Ingénieur ordinaire, au Mans ;

3^o Pour le contrôle de l'exploitation commerciale : à la 3^e circonscription d'Inspecteur, à Rennes ;

° Pour la surveillance administrative :

° Ligne de la Brohinière à Dinan : au commissariat de Rennes ;

° Ligne de Châteaubriant à Messac : au commissariat de Châteaubriant.

Arrêté du 31 août. — Le service du Contrôle de l'exploitation

° La partie de la ligne d'Évreux-Ville à Évreux-Navarre comprise entre le raccordement avec la ligne d'Évreux à Elbeuf et la gare d'Évreux-Ouest ;

° La voie de manœuvre établie entre la gare d'Évreux-Ouest et celle d'Évreux-Ville (réseau de l'Ouest),

Est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments : au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Paris ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique : au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Paris ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale : à la 2^e circonscription d'Inspecteur, à Paris ;

4° Pour la surveillance administrative : au commissariat d'Évreux.

ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE.

Par décision du ministre des travaux publics, en date du 1^{er} août 1896, des Diplômes d'ancien Élève de l'École des Mines de Saint-Étienne, apte à exercer les fonctions d'ingénieur, sont accordés aux élèves sortant de l'école, dont les noms suivent :

M. Radisson,
Poulet,
Champel,
Baret,
Balladon,
Blanc,
Payet,
Duclos,
Saux,
Tarbouriech,
Besson,

MM. Bonnevey,
Bastide,
Régis,
Masclet,
Cabon,
Mallard,
Bolo,
Moreau,
Risbourg,
Martin,
Delamarche.

Par décision du ministre des travaux publics, en date du 31 août 1896, et d'après les résultats du concours de 1896, ont été admis à l'École des Mines de Saint-Étienne les trente candidats dont les noms suivent par ordre de mérite, savoir :

MM.	MM.
1. Garand (Louis).	16. Cuchet.
2. Maulet.	17. Merlange.
3. Guilleminot.	18. Corriol.
4. Kimmerlé.	19. Béchard.
4 bis. Goujon.	20. Langlois.
6. Verrier.	21. Deschanel.
7. Thomas.	22. Olive.
8. Gonthier.	23. Tissier.
9. Martin.	24. Valansot.
10. Ipoustéguy.	25. Leroy.
11. Verney.	26. Garand (Maurice).
12. Chiffert.	27. Giraudeau.
12. Ollagnier.	28. Martel.
14. Jaboullay.	28 bis. Bunoz.
15. Blanchard.	30. Péghaire.

Fig. 9.

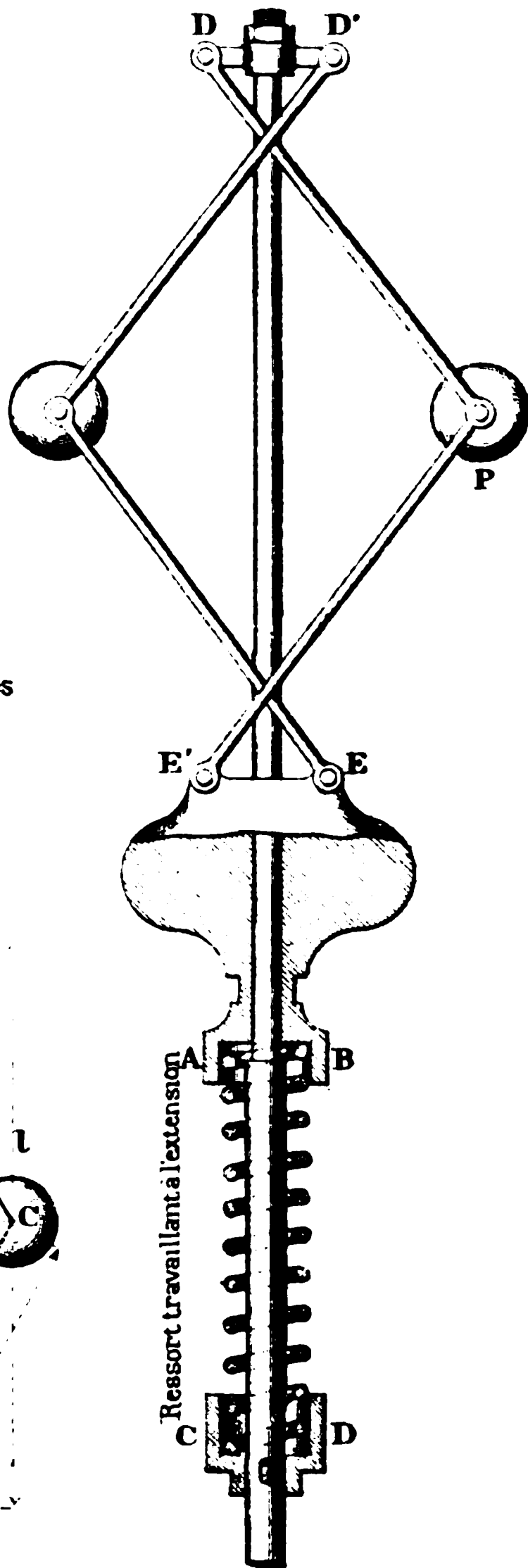
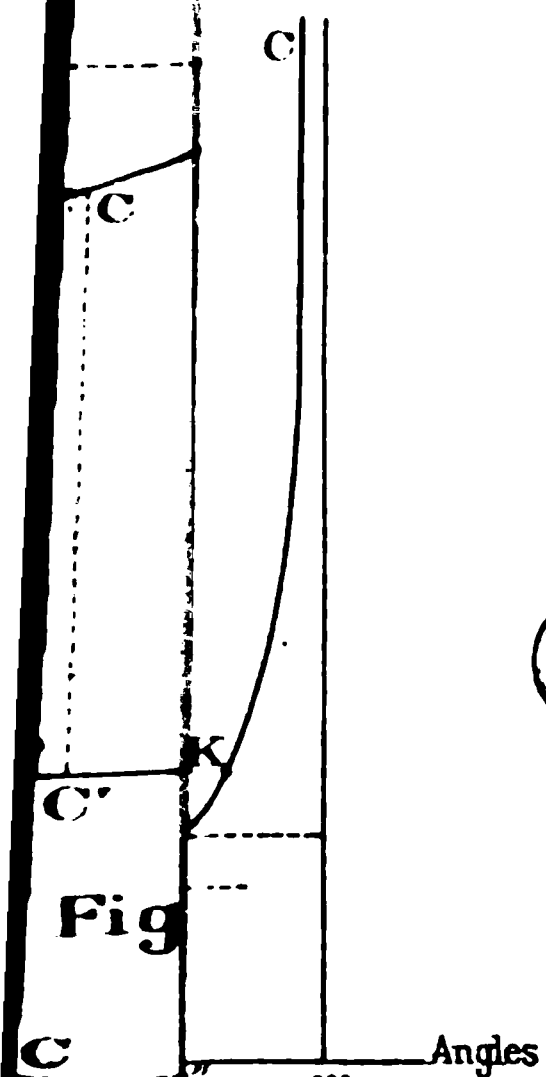


Fig. 1



Fig

Fig. 10

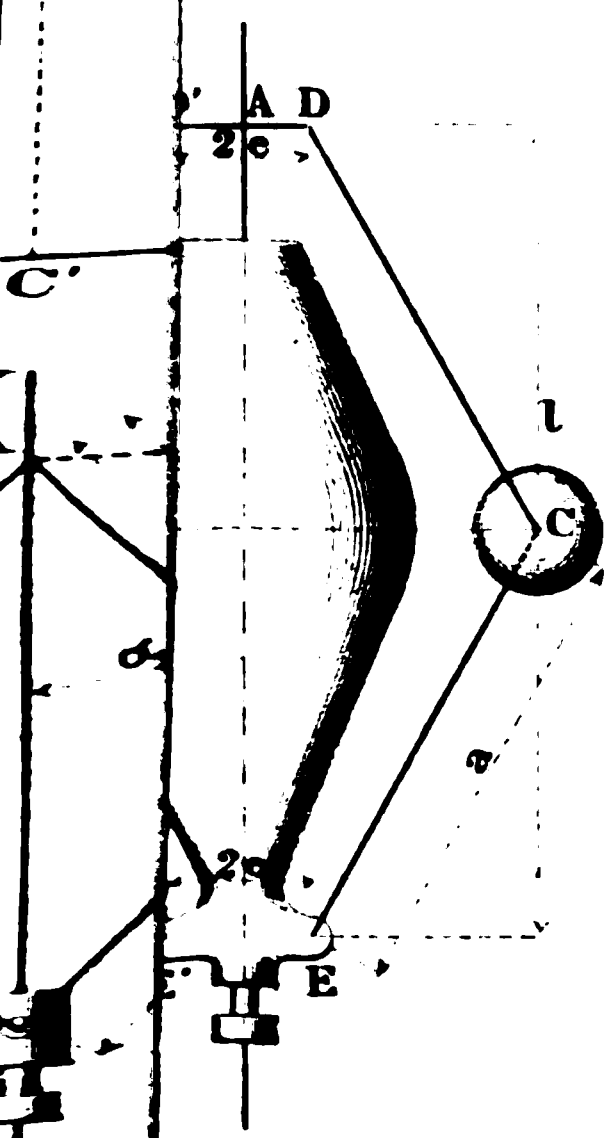


Fig. 2.

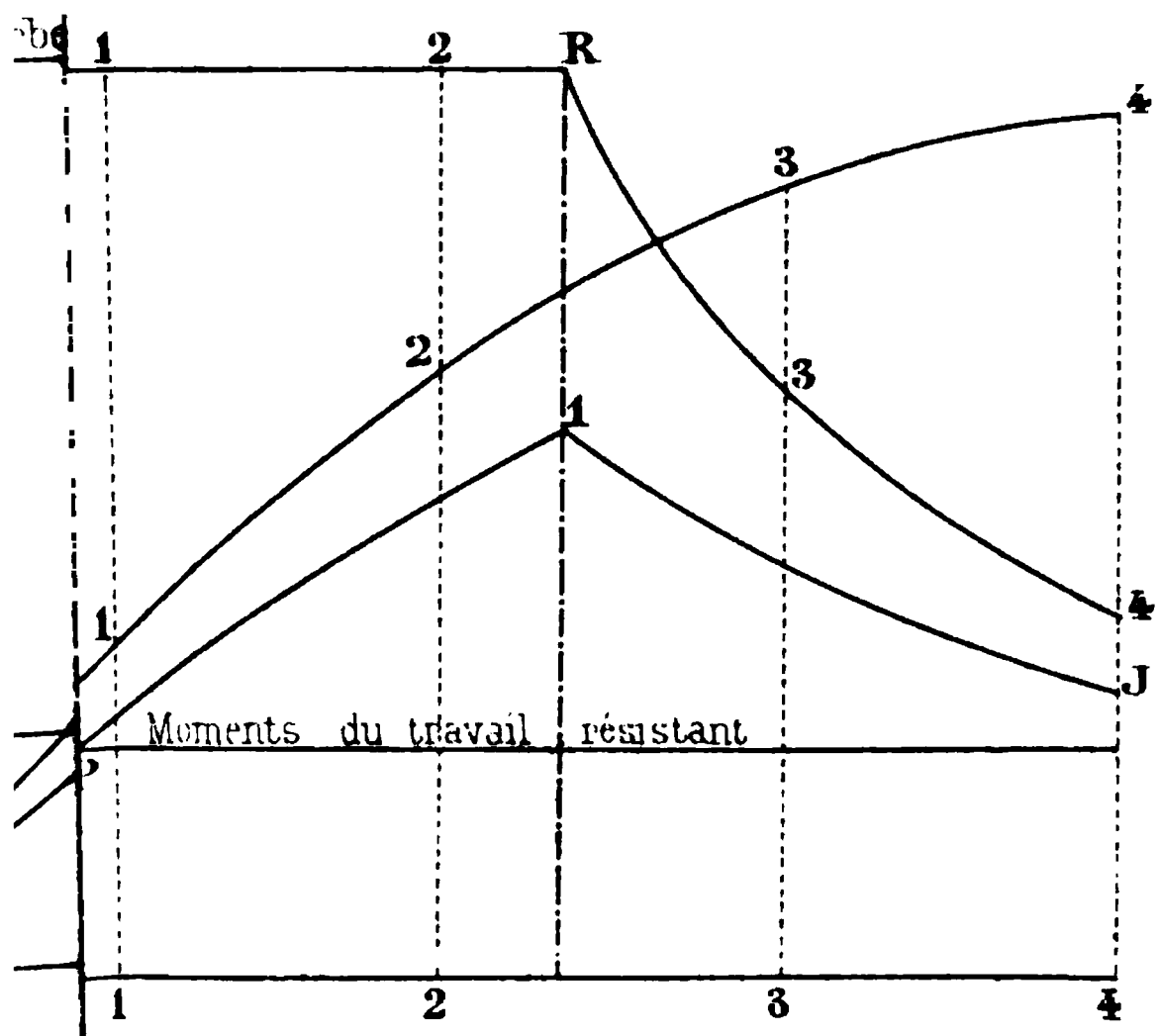
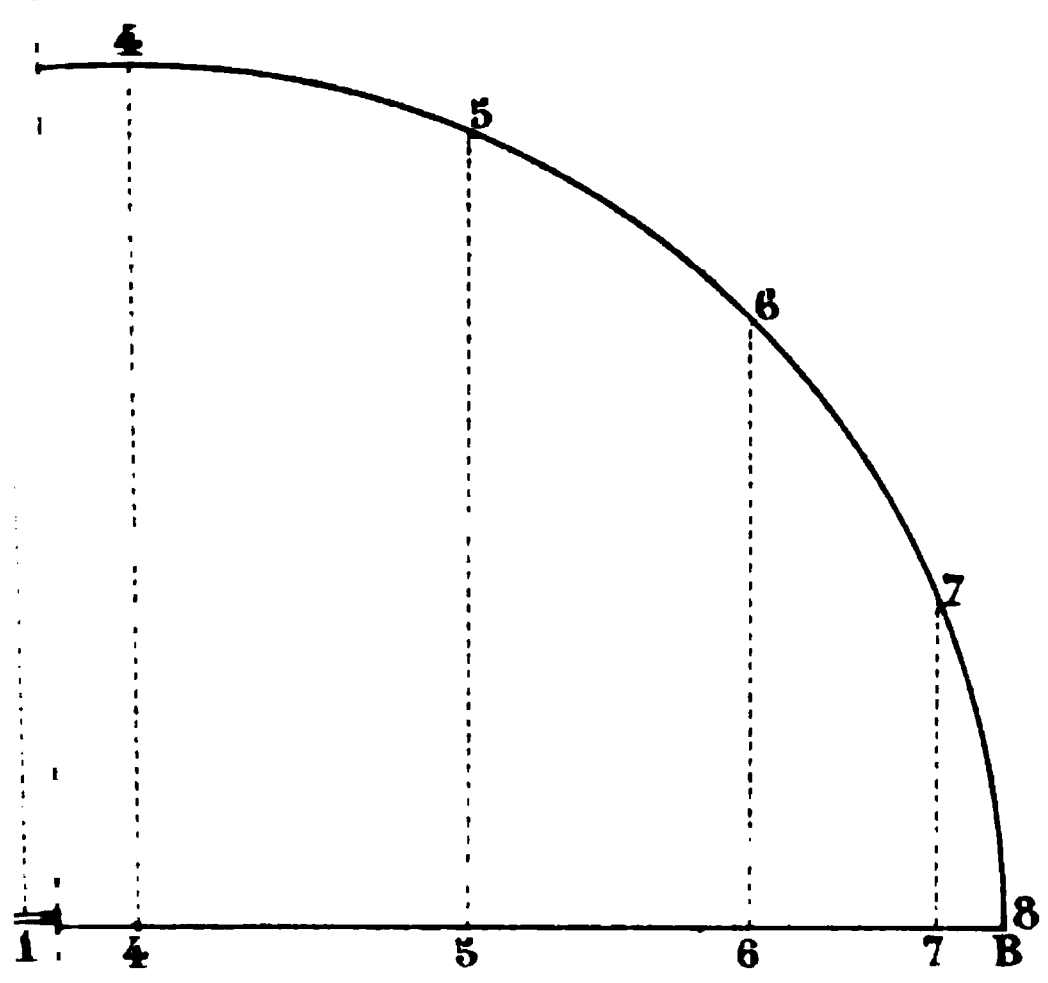


Fig. 5.

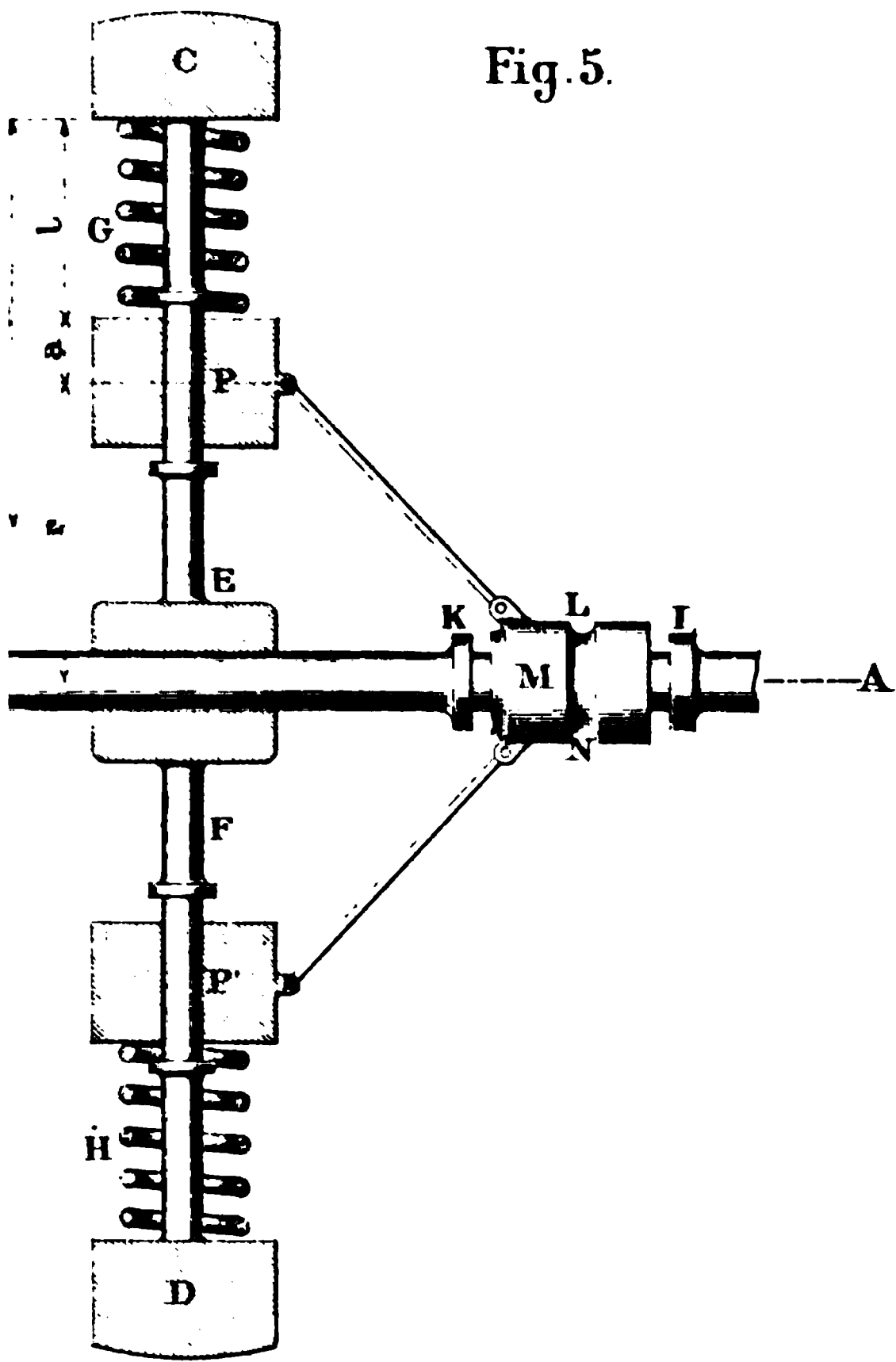
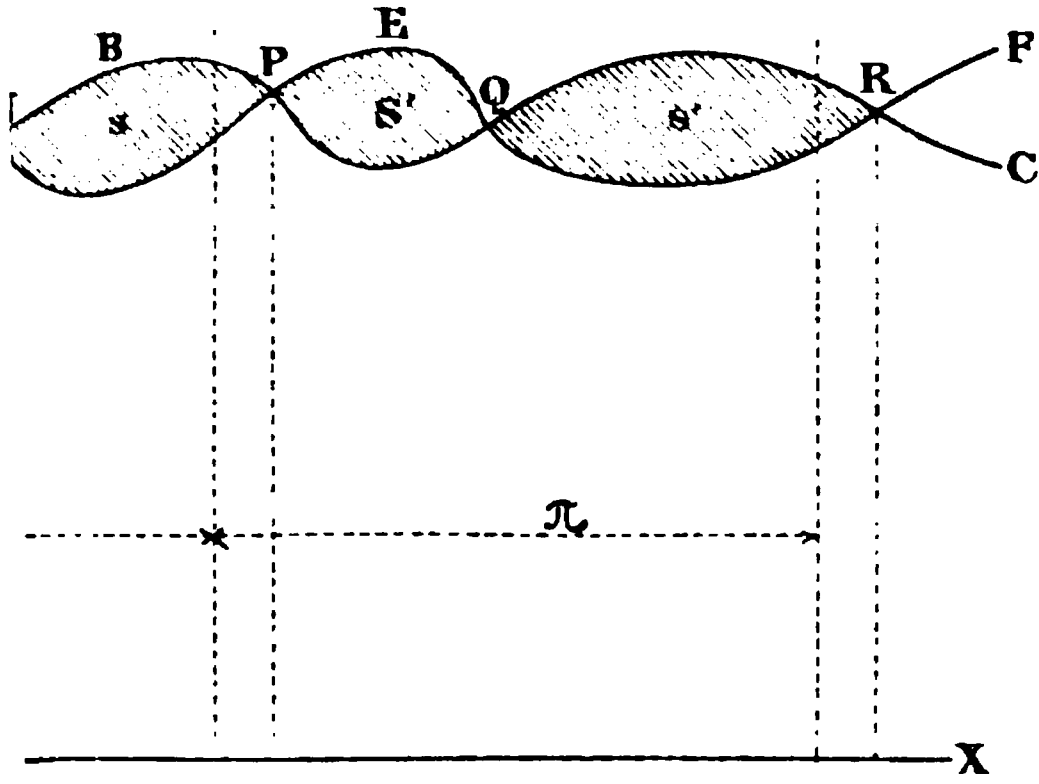
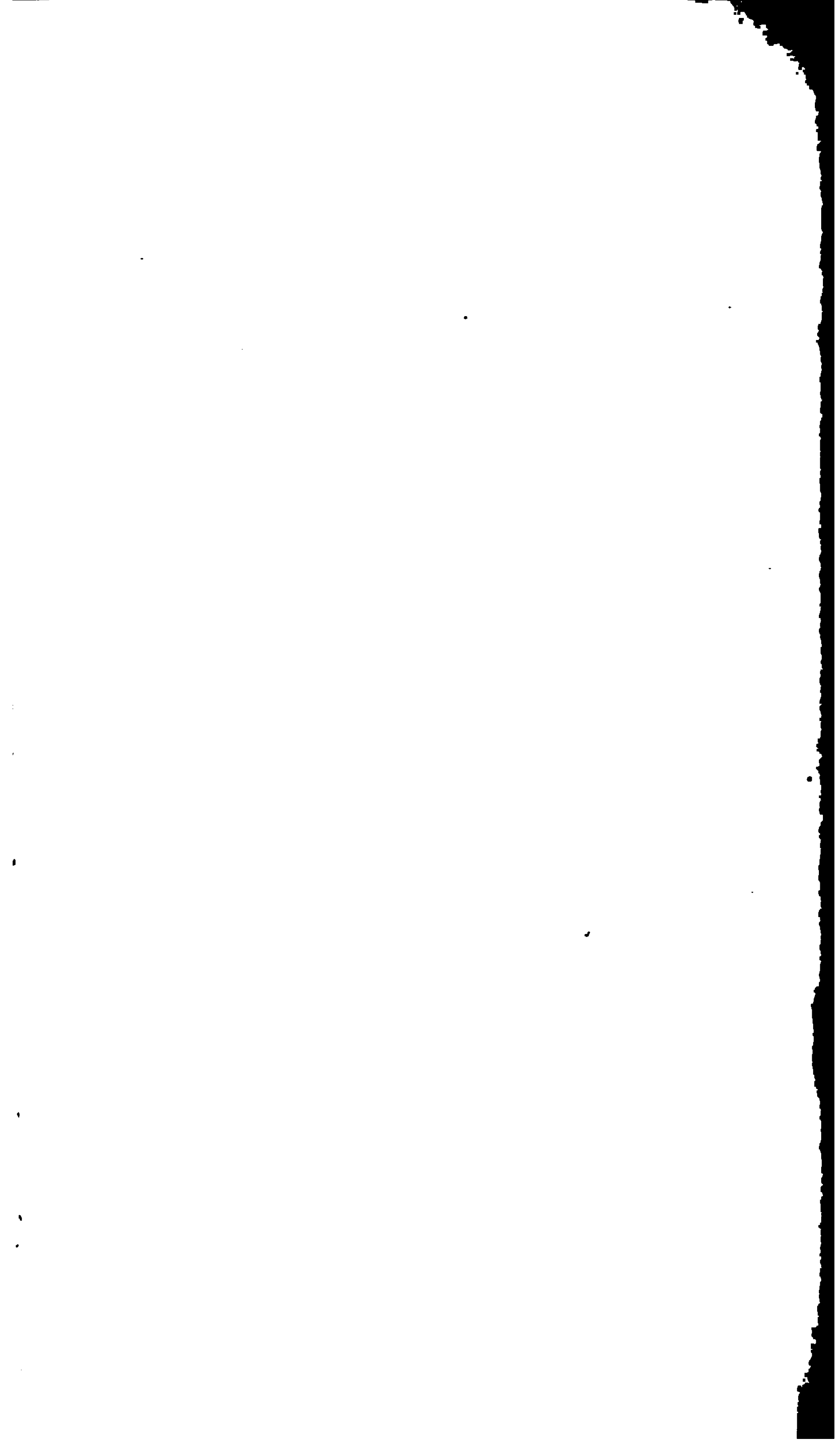


Fig. 6.





Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

**SPÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
POMPES ET VENTILATEURS**

Moteur accouplé directement à une pompe

J. & O. G. PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

1^{er} ASIN D'EXPOSITION

1^{re} Lafayette, 47

COMPAGNIE INTERNATIONALE
DES PROCÉDÉS ADOLPHE SEIGLE

ÉCLAIRAGE, CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE PAR LES HYDROCARBURES LOURDS

CHAUDIERES MARINES — MOTEURS FIXES
GÉNÉRATEURS DE VAPEUR POUR TRAMWAYS, VOITURES AUTOMOBILES,
EMBARCATIONS DE PLAISANCE, ETC.

SOCIÉTÉ ANONYME. CAPITAL : 2 MILLIONS
ADMINISTRATION CENTRALE : 147, rue de Courcelles, PARIS

ÉCLAIRAGE ÉCONOMIQUE

DES FORGES, FONDERIES, LAMINOIRS, MINES, CHANTIERS, ETC.



COMITÉ DE 50 A 80 000
tous les autres systèmes d'éclairage.

LOCATION ET VENTE CONDITIONNELLE DES APPAREILS
Demander les renseignements à l'Administration centrale.

PAR LES

GAZÉIFICATEURS ADOLPHE SEIGLE

(Brevetés en Europe et en Amérique).

Appareils simples, robustes et portatifs,
donnant avec les huiles lourdes de goudron et autres hydrocarbures à bon marché,

même par les plus grands vents
et la pluie

un énorme foyer de grande intensité
lumineuse et absolument sans odeur
fumée.

ADOPTÉS PAR LES MINISTÈRES DE LA GUERRE
ET DE LA MARINE,

LES PONTS ET CHAUSSÉES

LES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER

LES GRANDES ENTREPRISES DE TRAVAUX

ET LES GRANDES INDUSTRIES DE FRANCE
ET DE L'ÉTRANGER.

C^{IE} DES MOTEURS UNIVERSELS

EXPOSITION DE ROUEN 1896. MÉDAILLE D'OR

Système Grob, breveté S. G. D. G.

PARIS - 56, rue Lafayette, 56 - PARIS

SÉCURITÉ

fonctionnant sans reproche au
ple d'éclairage ordinaire
et sans carburateur.

3,500 MOTEURS EN MARCHÉ

Consomme, environ un demi-litre par cheval-heure

Médailles d'Or et d'Argent. — Toute garantie.

COMPAGNIE FRANÇAISE

EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

THOMSON - HOUSTON

CAPITAL: 5.000.000 DE FRANCS

Transmission de l'Énergie à grande distance

PAR COURANTS TRIPHASÉS

TRANSFORMATEURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

Convertisseurs de courant triphasé en courant continu

TRACTION ÉLECTRIQUE

EN EUROPE: Le Havre. — Lyon. — Rouen. — Bordeaux. — Roubaix
Tourcoing — Le Raincy — Milan. — Varese. — Rome. — Porto
Belles. — Belgrade. — Dublin — Bristol. — Leeds. — Gotha. — Brême. — Hambourg. — Erfurt
Darmstadt — Ratibon — Elbing. — Munich. — Elberfeld. — Wiesbaden

EN

S LE

100 k

23.0



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES À ROTATION et à PERCUSSION

HACHEUSES

Locomotives bases pour mines

12 de Londres. PARIS

EXPLICATION DES PLANCHES.

OCTOBRE.

Pt. VII à IX. — Régulateurs : théorie de la corrélation entre les organes de réglage et les volants des machines.

TABLE DES MATIÈRES.

NOVEMBRE.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

	Pages.
Régulateurs. Organes de réglage et volants des machines. — Théorie de la corrélation de ces appareils entre eux (<i>Suite et fin</i>), par M. Georges Marié.....	497

BULLETIN.

La Collection des gîtes minéraux et métallifères à l'École supérieure des Mines, par M. L. de Launay.	570
Statistique de l'industrie minérale de la Bavière en 1895 . .	621
Production minérale et métallurgique des Iles-Britanniques pendant l'année 1895.. . . .	622

PARTIE ADMINISTRATIVE.

Septembre.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploitation, etc.	479
Circulaires et instructions adressées aux préfets, aux ingénieurs des mines, etc..	487
Jurisprudence.	493
Personnel	499

SAUTTER, HARLÉ & C^e

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

PARIS — 26, Avenue de Suffren, 26 — PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889 — HORS CONCOURS — JURY

ÉCLAIRAGE TRANSPORT DE FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

ASSERVISSEMENT & COMMANDE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉS A
L'OUTILLAGE  DES MINES

POMPES

APPAREILS

VENTILATEURS

DE
LEVAGE

TRANCHEUSES

Treuil

PERFORATRICES

GRUES

Trièuses

MONTE-CHARGE

PERCEUSES

Transbordement

Compresseurs

D'AIR

PLANS

Inclinés

PRINCIPALES INSTALLATIONS

Aux MINES

d'ASPRIÈRES

Ave.

BLANZY

Saône

BRUAY

Pr

DADOU

Ti

DECAZEVILLE

Avey

FRIEDRICHSEGEN

LAURIUM

Grè

MALINES

Hér.

MIÈRES

Asturie

MEURCHIN

Nc

VIEILLE-MONTAGNE

Pr

ETC., ETC.

Lu.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE
POUR LA
ABRICATION DE LA DYNAMITE
Procédés A. NOBEL

Paris, 1889 — Deux Médailles d'Or

Seule Médaille d'Or décernée en 1889 pour la Dynamite

SIÈGE SOCIAL : Place Vendôme, PARIS

USINES : à Paulilles, près Port-Vendres (Pyrénées-Orientales).
à Ablon, près Honfleur (Calvados).

Dynamite-Gomme, pour roches très dures. — *Dynamite*, n° 1 guhr, n° 1 gélatine, à l'ammoniaque, pour roches dures. — *Dynamite*, n° 0, pour travaux sous l'eau. — *Amorces*, n° 2 et n° 3, pour terrains moins résistants.

Explosifs spéciaux pour charbonnages grisouteux (Décret du 1^{er} août 1890)

Grisoutine-Gomme pour travaux au rocher. — *Grisoutine B* pour travaux dans le bois.

Mèches de mineurs. — *Capsules pour Dynamite*. — *Amorces, Câbles, Fils et Appareils électriques pour sautage des mines*. — *Marmites suédoises ou Seaux à dégeler la Dynamite*.

La Correspondance doit être adressée au SIÈGE SOCIAL

TÉLÉPHONE SOCIÉTÉ ANONYME TÉLÉPHONE

D'EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital : 2.000.000 de francs

19, rue Louis-le-Grand, 19, PARIS

USINES :

SAINT-MARTIN-DE-CRAU

SAINT-ÉTIENNE

SAINT-ÉTIENNE

DYNAMITES,

GOMMES ET GRISOUTINES

MÈCHES

DÉTONATEURS, CÂBLES

FILS

ET APPAREILS ÉLECTRIQUES

SAINT-ÉTIENNE

... adressée au Siège social, 19, rue Louis-le-Grand.

RÉFILERIE & CORDERIE MÉCANIQUES

DE LA

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS

LARIVIÈRE & C^{IE}**CH. FOUINAT**

TÉLÉPHONE

170, Quai Jemmapes, PARIS

TÉLÉPHONE

**CORDAGES MÉTALLIQUES RONDS & PLATS
EN FER, ACIER, CUIVRE**

*Pour Mines, Carrières, Houillères, Plans inclinés, Cabestans, Appareils à lever,
Manœuvres courantes et dormantes de marine et de batellerie,
Transmission de force motrice, Signaux, Horlogerie, Paratonnerres, Puits, Clôtures*

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889**Membre du Jury — Hors Concours****DEUX GRANDS PRIX: ANVERS 1894****ENVOI FRANCO DE TOUS RENSEIGNEMENTS****MAISON FRANÇAISE DES MÉTAUX**Société anonyme au capital de **25** millions de francs

Siège social : 10, rue Volney. — PARIS

USINES :

Deville-lès-Rouen (Seine-Inf.), **Castelsarrazin** (Tarn-et-Garonne), **Sérifontaine** (Oise),
Givet (Ardennes), **Bornel** (Oise), **Saint-Denis** (Seine) et **Paris**, rue Vieille-du-Temple, 76

FORGERIE, LAMINAGE, ÉTIRAGE, EMBOUTISSAGE & TRÉFILERIE
de Cuivre, Laiton, Plomb, Étain, Zinc, Nickel, Maillechort, etc.**TUBES EN CUIVRE ROUGE ET LAITON SOUDÉS ET ÉTIRÉS****TUBES GRAVÉS POUR HORLOGERIE, OPTIQUE, ORNEMENTS D'ÉGLISES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE**

*de tous genres pour l'ébénisterie et l'ameublement. Appareils de stéarinerie et de sucrerie. Fils en
cuivre rouge, demi-rouge, laiton et maillechort. Cuivre rouge et laiton en lingots et en barres*

Fabrication de monnaies en cuivre rouge, bronze, maillechort et nickel

TUBES EN CUIVRE ROUGE POUR FOYERS DE LOCOMOTIVES

*et grains de lumière pour canons. — Ceintures de projectiles
en cuivre rouge sans soudure. Rouleaux en cuivre pour impression*

BOITES ET EN FEUILLES POUR CHOCOLATIERS, PARFUMEURS ET AUTRES USAGES

Boîtes, en tables et en tuyaux. Tuyaux en plomb doublés d'étain

TUBES SANS SOUDURES, POUR CHAUDIÈRES ET CONDUITES A HAUTE PRESSION**TUBES DE TUBES MINCES, LÉGERS ET SOLIDES****des CYCLES, BICYCLETTES, TRICYCLES, ETC., ETC.**

Boîtes (brevets SERVE). — Enveloppes d'obus en acier

BOITES ET FILS MAILLECHORT ET NICKEL POUR TOUS USAGES

de haute conductibilité pour usages électriques

BOITES EN PLANCHES, EN FILS & EN TUBES

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE FORAGES ET SONDAGE

BECOT

Ing^r civil

(A. et M.)

, rue de la Quintinie, PARIS-VAUGIRAS

RECHERCHES D'EAU

De Mines, Pétrole, Sel, etc.

PUITS ARTÉSIENS, Puits Absorbants

PUITS D'AÉRAGE

Consolidations par injections de ciment

ÉTUDES DE TERRAINS

FORAGES A GRANDES SECTIONS
CAPTAGE DE SOURCESVENTE D'APPAREILS ET OUTILS DE SONDAGE
Pour Missions scientifiques, Entreprises coloniales, etc.

E ET FUMISTERIE INDUSTRIELLES

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION MÉDAILLE
ET INSTALLATION D'USINES de vermeil 1883

CHEMINÉES EN BRIQUES ET EN TÔLE

CHAUDRONNERIE EN FER ET EN CUIVRE EN TOUS GENRES

RÉPARATIONS, PLOMBERIE ET NETTOYAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DE TOUS SYSTÈMES

PRÉPARATION DES ÉPREUVES DÉCENNALES DES APPAREILS A VAPEUR

NOUVEAU SYSTÈME DE FOYER MÉTALLIQUE ET APPAREIL FUMIVORE BREVETÉ S. G. D. G.



TELEPHONE



TELEPHONE

MIN DÉROCHE

21, rue Labois-Rouillon, PARIS

Moteurs de Machines, Fourneaux pour Usines

RÉSERVOIRS EN CIMENT, EN TÔLE, ETC.

Fours pour toutes Industries

Applications générales de l'électricité. Installations particulières
PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

MAISON FONDÉE EN 1840

L. DUMON

PARIS, 55, rue Sedaine

LILLE, 100, rue d'Isly

POMPES CENTRIFUGES

MÉDAILLE D'OR

EXPOSITION UNIVERSELLE 1889

E. 500 A P^r

Envoi fra....

CONSTRUCTIONS  DEMONSTRATIONS

Fabrique de Lampes de Sûreté en tous Genres

LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX.

Les plus Hautes Récompenses aux Expositions

COSSET-DUBRULLE F^{ILS}

LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE

3, rue de Toul, 3

3, rue de Toul, 3

Coton-Mèche

Toiles métalliques

Rivets et fils de plomb

AMADOU

Emboutissage de tous Métaux

LAMPES DE FONDEURS

FONDERIE DE CUIVRE, TOURNAGE & DÉCOUPAGE

Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL

TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION

Verres divers

CAOUTCHOUC-AMIANTE

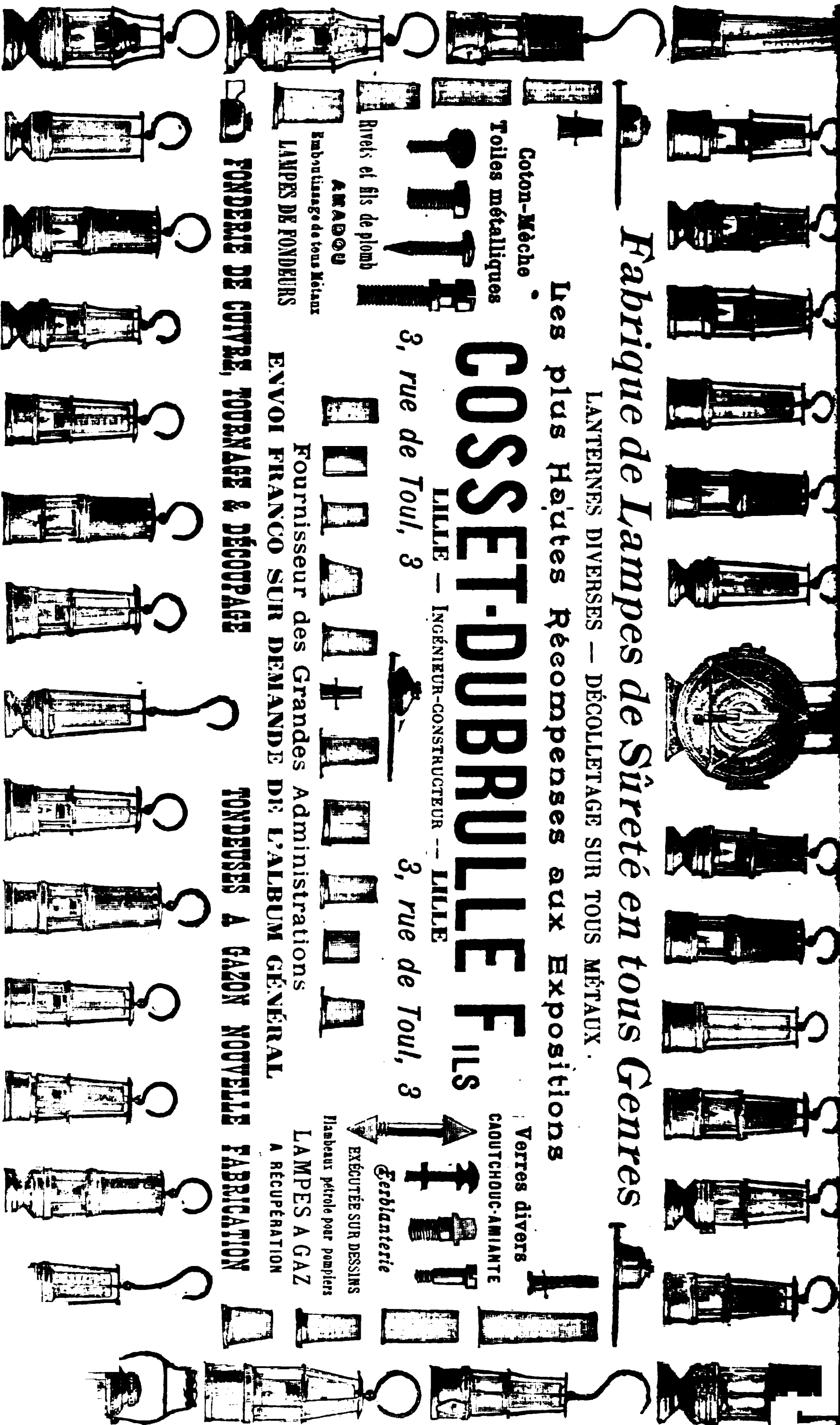
Éclairant

EXÉCUTÉES SUR DESSINS

Flambeaux pétrole pour pompes

LAMPES A GAZ

A RÉCUPÉRATION



ELEVATEURS & TRANSPORTEURS



avec Chaines simplex

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 144, Boulevard de la Villette, 144, PARIS



ELEVATEURS SPÉCIAUX

QUARTZ ET MATIÈRES DURES

de GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

ETABLISSEMENTS GENESTE, HERSCHER & C^{IE}

MAISON PRINCIPALE A PARIS, 42, RUE DU CHEMIN-VERT

Usine à Creil. — Succursale à Bruxelles

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889 : FRANCE : 3 GRANDS PRIX
EXPOSITIONS DE LYON 1894 : GRAND PRIX
D'ANVERS 1894 : 4 GRANDS PRIX
BELGIQUE : 1 GRAND PRIX

VENTILATEURS DE MINES

Rendement dépassant 85 0/0

Collection complète de Ventilateurs pour Fonderies, Forges, Navires, Ateliers,
Ventilation, etc.

Dispositions spéciales pour être actionnés par moteurs à vapeur,
hydrauliques, électriques, air comprimé, etc., etc.

Petits Ventilateurs à bras pour galeries de recherches ou autres.

APPLICATIONS DU GENIE SANITAIRE

Ventilation mécanique, Chauffage à vapeur, à eau chaude, etc. Projets,
Construction d'appareils et installations.

Assainissement des Villes et des Habitations

Étude, Fabrication et Fournitures d'Appareils

DÉSINFECTION

Matériel sanitaire pour combattre la transmission et la propagation des épidémies.

— Etuves à désinfection fixes et locomobiles par la vapeur sous pression

— Pulvérisateurs pour la désinfection des parois et celle des objets ne pouvant
supporter l'action de la chaleur. — Appareils à stériliser l'eau

(Système Rouart, Geneste, Herscher), produisant de l'eau débarrassée de tout microbe,
potable et digestive.

MINES ET TRAVAUX PUBLICS

MARCEL GAUPILLAT ET C^{IE}

(Maison fondée en 1891)

SIÈGE SOCIAL : 39, Rue BOURET, à PARIS

FOURNISSEURS DU MINISTÈRE DE LA GUERRE,

DE LA VILLE DE PARIS, DE DIVERS GOUVERNEMENTS ÉTRANGERS

ET DES PRINCIPALES MINES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

**DÉTONATEURS AU FULMINATE DE MERCURE
ET DÉTONATEURS A POUDRE SPÉCIALE**

MORCES ÉLECTRIQUES, Brevetées S. G. D. G. en France et à l'Étranger

NOUVEL EXPLOSEUR ÉLECTRIQUE

Système GAUPILLAT-MANET, breveté S. G. D. G. (Aout 1896)

SOCIÉTÉ ANONYME
HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINES

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

RÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET CH

MACHINE A BRIQUETTES

Simple, Robuste et peu coûteuse

PRODUISANT À VOLONTÉ DES

BRIQUETTES PLEINES OU PERFORÉES

Pression élastique. — Cohésion

Agglomération de minerais de fer ou de
résidus de pyrites ou autres matières à
travailler pour en faciliter le traitement
hauts-fourneaux, etc., etc.

MACHINE A BOULET

PLEINS OU PERFORÉS

250.000 BOULETS DE HOUILLE,

PLEINS OU PERFORÉS PAR JO

L'Agglomération sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons et
la circulation des minerais.

*Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 14 heures
à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.*

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à briquettes pour chemins de fer et chaufferettes de
MOYEURS-PULVERISATEURS, broyage par percussion, Engrais, Charbons, Minerais, et
MOYEURS A MEULES, broyage et malaxage de matières quelconques.

TRIABLES ROTATIFS ou A SECOUSSÉS, classement des matières sèches.

SAVOIRS A BRAS ou A VAPEUR, classement par densité. Lavage des houilles.

MACHINES A BRIQUES à levier, pour terre ferme et demi-ferme 6 à 7.000 par jour.

MACHINE A AGGLOMERER à pression simple tendue sur deux faces, pour ciment, sucre, etc.

**FOURS SECHEURS, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEURS,
MALAXEURS, ETC., ETC.**

Th. DUPUY et FILS

3 MÉDAILLES D'OR

CONSTRUCTEURS — PARIS 4 MÉDAILLES

RÉGULATEURS

ORGANES DE RÉGLAGE ET VOLANTS DES MACHINES

THÉORIE DE LA CORRÉLATION DE CES APPAREILS ENTRE EUX

Par M. GEORGES MARIÉ,

Ingénieur chef de division de la Compagnie P.-L.-M., en retraite

(Suite et fin) (*).

TROISIÈME PARTIE.

CALCUL DU RÉGULATEUR, DES ORGANES DE RÉ- GLAGE ET DU VOLANT DANS LES MACHINES OU LE RÉGULATEUR AGIT SUR LA DISTRIBUTION AUTREMENT QUE PAR UN DÉCLIC.

I. — § 38. — NATURE DE LA DISTRIBUTION DE CES MACHINES.

On peut concevoir des machines dans lesquelles la distribution soit assez douce pour être mise directement par le régulateur autrement que par un déclic, bien que ces machines soient peu répandues.

La distribution de Farcot, déjà ancienne, a été, si je ne me trompe, la première à réaliser ces conditions, et bien avant l'invention des machines Corliss. Je ne donnerai pas ici la description de cette distribution, qui est très connue. Cette machine, employée avec un régulateur

(*) Voir *suprà*, p. 391 à 494.

quelconque, donne une bonne régularisation; avec le régulateur de Farcot, qui a été imaginé pour aller avec, elle donne aussi de bons résultats, mais à condition, bien entendu, d'employer ce régulateur dans la région où il n'est pas isochrone, comme je l'ai expliqué dans la théorie du régulateur Farcot.

Je ferai cependant à ce sujet une observation : pour que la marche du régulateur soit bonne, il faut que la came ne puisse pas tourner sous l'influence des chocs des tiroirs mobiles ; sans cela, le manchon du régulateur recevrait des chocs intenses qui troubleraient le fonctionnement du régulateur.

Si cette condition est remplie, le régulateur n'a à vaincre d'autre effort que celui du presse-étoupe de l'axe de la came ; ce léger frottement peut suffire à remplacer le frein à huile, qui devient alors inutile. On peut remplacer, avec avantage, le presse-étoupe par une garniture métallique très douce.

Il existe un certain nombre de machines ayant des distributions analogues.

Il faut classer dans cette troisième partie les machines à marche rapide avec régulateur dans le volant agissant directement sur la distribution en modifiant le calage de l'excentrique ; leurs tiroirs sont équilibrés.

On doit aussi rattacher à cette troisième partie certains modèles modernes de machines Corliss, qui, quoique étant à déclic, n'ont pas le mouvement de déclic réversible ; dans ces machines le choc du déclic n'influence pas le régulateur ; c'est comme s'il n'existait pas.

II. — § 39. — CALCUL DU VOLANT ET DU RÉGULATEUR.

Les formules établissant la corrélation entre le volant et le régulateur et, par suite, le calcul de l'un et de l'autre, sont les mêmes que dans la deuxième partie.

Cependant il n'y a pas lieu de tenir compte ici de la réaction d'un organe de déclic qui n'existe pas; la puissance du régulateur se calcule seulement par la formule du § 23; mais alors F désigne non seulement les frottements du régulateur lui-même, mais encore celui de l'organe de réglage de la distribution, évalué, comme toujours, au manchon du régulateur.

QUATRIÈME PARTIE.

CALCUL DU RÉGULATEUR DES ORGANES DE RÉGLAGE ET DU VOLANT DANS LES MACHINES OU LE RÉGULATEUR AGIT DIRECTEMENT SUR UNE VALVE OU SOUPAPE.

I. — AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES VALVES ET SOUPAPES ORDINAIRES.

§ 40. — **Avantages et inconvénients au point de vue des qualités générales de la machine à vapeur.** — La grande vogue des machines Corliss tient à ce qu'on leur attribue généralement une grande supériorité sur les machines réglées par une valve, d'abord au point de vue de l'économie de combustible, ensuite au point de vue de la régularité de vitesse. Nous allons examiner tour à tour ces deux considérations.

Au point de vue de l'économie de combustible, le régulateur agissant sur la détente a l'avantage d'employer toujours la pression maxima de vapeur, même quand le

travail résistant diminue notablement. Or, on sait que, d'après le cycle de Carnot, le rendement thermique est proportionnel à :

$$\frac{T - t}{a + T},$$

T , température dans la chaudière ;

t , température au condenseur, ou bien 100° ; s'il n'y a pas condensation, $a = 273^\circ$.

Cependant l'avantage de la distribution variable est moins grand qu'on pourrait le croire, parce que, dans ce cas, la détente est exagérée pour les faibles valeurs du travail moteur ; cela favorise les condensations à l'admission, qui sont désastreuses pour l'économie de combustible ; il faut, pour les éviter en partie, employer les chemises de vapeur autour des cylindres. Je crois donc que la distribution variable ne donne un avantage sur la valve qu'autant que les cylindres sont munis de chemises de vapeur.

Il est probable que le meilleur système, au point de vue économique, serait de faire agir en même temps le régulateur sur la distribution et sur la valve, ce qui serait, non pas impraticable, mais trop compliqué.

Mais, en laissant de côté cette question encore un peu obscure, il faut reconnaître qu'il y a deux cas où les régulateurs à valve ou à soupape s'imposent presque ; ce sont les suivants :

1° Cas des machines tournant à très grande vitesse, comme les machines montées directement sur les dynamos ;

2° Cas des machines vieilles qu'on veut utiliser en les munissant d'un bon régulateur.

§ 41. — **Avantages et inconvénients au point de vue de la régularisation de la vitesse.** — Examinons à présent le second point de vue ; peut-on obtenir une aussi bonne régularisation avec le régulateur à valve qu'avec les machines

Corliss? On va voir que oui; mais, comme on le verra, il faut employer un volant beaucoup plus fort avec les valves ordinaires qu'avec les machines Corliss, et un peu plus fort seulement avec les valves établies comme l'indique mon mémoire de 1887. Je considère donc les principes exposés dans ce mémoire comme ayant une grande importance pratique; on obtient, d'ailleurs, un succès complet en appliquant ces principes dans la pratique.

La question ayant une grande importance, je vais la développer complètement ici, et j'en déduirai les formules nouvelles servant à calculer le volant avec les régulateurs établis dans ces conditions.

La valve ordinaire a le grand avantage d'être douce à mouvoir et facile à actionner directement par le régulateur, surtout en munissant son axe d'une garniture métallique connue, comme je l'ai indiqué dans mon mémoire de 1887. Mais elle a, comme les soupapes équilibrées, l'inconvénient majeur suivant :

Dans toute la deuxième partie du mémoire, nous avons admis la sixième hypothèse de la théorie des régulateurs à maximum et minimum; en d'autres termes, nous avons supposé que les déplacements du manchon du régulateur donnaient lieu à des variations proportionnelles du travail moteur. Cette condition est assez bien réalisée dans les régulateurs agissant sur la distribution; elle a été admise implicitement dans toutes les formules de la deuxième partie; en effet, nous avons admis que les diverses perturbations de la position du manchon étaient négligeables quand elles ne dépassaient pas une certaine fraction de la course du manchon, $\frac{1}{4}$ par exemple. Mais, si à un déplacement du manchon, de $\frac{1}{4}$ de sa course totale, correspondait une variation de moitié ou davantage, dans la force motrice, la perturbation ne serait plus négligeable.

Nous allons voir que c'est précisément ce qui se passe avec les valves ou soupapes ordinaires.

Soit s la section laissée libre par la valve pour le passage de la vapeur ; je montrerai que, si l'on fait croître s depuis zéro (fermeture de la valve) jusqu'à son maximum (ouverture de la valve), les variations de s sont très loin de donner lieu à des variations correspondantes du travail moteur ; il en est de même pour les variations de la position du manchon du régulateur ; pour une même augmentation ds de la section libre, l'augmentation du travail moteur est d'autant plus grande que la valve est plus voisine de la fermeture. Il en est de même pour les variations correspondantes de la position du manchon. En d'autres termes, je vais montrer que, si nous considérons une machine de 100 chevaux, réglée par un régulateur à valve ayant une course de manchon de 6 centimètres, un déplacement de 1 centimètre seulement dans la position du manchon pourra très bien donner une variation de 25 chevaux dans le travail moteur, si le manchon est situé vers le haut de sa course, tandis que le même déplacement de 1 centimètre ne donnera que 5 chevaux de variation, si le manchon est situé vers le bas de sa course.

Nous insistons tout particulièrement sur ce défaut inhérent aux valves et aux appareils d'obturation ordinaires, car, en n'en tenant pas compte, on s'expose à un insuccès complet dans la régularisation de la machine.

Il me reste à signaler un inconvénient beaucoup plus grave que présentent presque tous les régulateurs à valve existants.

Dans ces appareils la valve est incapable de fermer hermétiquement, lorsque le manchon est en haut de sa course.

Ce défaut est souvent involontaire et résulte de ce qu'il est très difficile de construire une valve fermant bien, surtout si cette valve est trop grande, comme on le fait

presque toujours en croyant bien faire. Souvent même on le fait exprès, en disposant les leviers pour empêcher la valve de se fermer tout à fait quand le manchon est en haut de sa course. Il en résulte que, lorsque la machine tourne à vide, par suite de la chute de la courroie principale, la vitesse s'accélère de manière à devenir dangereuse au point de vue de l'explosion du volant. Il arrive même souvent que la valve ferme si mal que, lorsque la machine marche à pleine charge, la vitesse ne ralentit même pas quand on tire sur le levier pour fermer la valve à la main. Les valves qui ne ferment pas ont, comme on le verra, l'avantage de diminuer beaucoup les perturbations du deuxième genre et du quatrième genre et de permettre l'emploi de volants très petits ; mais, dans ces conditions, on n'a plus qu'un simulacre de régulateur, et c'est ce qui a fait la mauvaise réputation des régulateurs à valve.

Dans tout ce qui va suivre, je ne m'occuperai que des valves qui ferment assez bien pour que la vitesse ne sorte pas des limites fixées, même quand la machine tourne à vide ; j'ai indiqué, dans mon mémoire de 1887, la manière d'ajuster les valves pour y arriver.

II. — THÉORIE DE LA CORRÉLATION ENTRE LE RÉGULATEUR, LA VALVE OU SOUPAPE ÉQUILIBRÉE ET LE VOLANT ; CALCUL DE CES ORGANES.

(Cette théorie nouvelle est exposée aux § 42 à 47 suivants, je l'ai imaginée à la suite des recherches que j'ai faites depuis 1887 et pour répondre à la question posée par l'Académie.)

§ 42. — **Variation de la force motrice de la machine en fonction du déplacement du manchon du régulateur.** — Avant de donner la théorie de la corrélation entre le volant et le régulateur agissant sur une valve ou soupape,

il convient d'étudier de plus près les variations de la force motrice de la machine en fonction de la position du manchon du régulateur.

La *fig. 1* (Pl. X) représente une valve équilibrée ordinaire ; je suppose que le régulateur agisse directement sur un semblable appareil. La *fig. 6* représente la course du manchon, que je suppose divisée, par exemple, en cinq parties égales, à partir du haut de cette course ; soient M_a, M_b, \dots, M_f , les positions correspondantes du manchon. Je me propose de tracer une courbe OAB (*fig. 2*) ayant pour abscisses les positions du manchon et pour ordonnées les puissances en chevaux de la machine. Voici comment il faudrait s'y prendre pour tracer cette courbe exactement pour une machine donnée.

Prenons la position M_c du manchon, par exemple ; à cette position correspond une certaine position de la valve, parfaitement connue d'après la disposition des leviers reliant le manchon à la valve ; il en résulte une section libre S_c que la valve laisse au passage de la vapeur, section également connue.

Connaissant S_c , on peut en conclure la puissance en chevaux correspondante de la machine, en supposant que la machine continue à marcher indéfiniment avec cette même section libre S_c de la valve. Pour y arriver, il faut construire, point par point, théoriquement, le diagramme du travail moteur sur le piston, la section libre de la valve restant constante et égale à S_c .

En construisant un diagramme analogue pour chacune des sections libres S_a, S_b, \dots, S_f , correspondant aux diverses positions du manchon, le problème serait résolu. Mais, la construction de ce diagramme demandant des calculs très longs, je vais indiquer une méthode approchée pour construire la courbe OAB, méthode qui est parfaitement suffisante ; voici en quoi elle consiste :

Je représente par la *fig. 7* (Pl. X) l'étranglement que

la valve occasionne à la vapeur. Soit p_1 la pression de la vapeur en amont de l'étranglement ou pression dans la chaudière ; soit S la section du tuyau supposée assez grande pour que la vitesse de la vapeur y soit négligeable ; soient s la section offerte par la valve au passage de la vapeur, et W la vitesse de la vapeur au moment où elle passe dans la section s ; soit p_2 la pression *moyenne* de la vapeur, en aval de l'étranglement pendant toute la durée de l'admission ; c'est aussi la pression *moyenne* de la vapeur dans le cylindre pendant l'admission, le tuyau ayant une section assez forte pour que la perte de charge de la vapeur y soit négligeable.

Appliquons les formules de l'écoulement de la vapeur ; on a :

$$W^2 = f(p_1 \cdot p_2)$$

(f désignant une fonction connue).

Soit D le débit moyen en volume de la vapeur par seconde, considéré pendant la période de l'admission, débit mesuré à la pression p_2 ; il est évident que ce débit est le même, quelle que soit la valeur de la section s , puisque la vitesse de la machine est constante et que le degré d'admission est constant, comme dans toutes les machines réglées par une valve.

Or, ce débit D est égal à $W \times s$; on a donc :

$$D = Ws = K \quad (K \text{ désignant une constante}),$$

ou bien :

$$W^2 s^2 = K^2,$$

ou :

$$W^2 = \frac{K^2}{s^2}.$$

Remplaçons W^2 par sa valeur dans l'équation ci-dessus.

On a :

$$f(p_1 \cdot p_2) = \frac{K^2}{s^2} ;$$

d'où :

$$s^2 = \frac{k^2}{f(p_1 \cdot p_2)};$$

d'où :

$$s = \frac{k}{\sqrt{f(p_1 \cdot p_2)}}.$$

Cette formule permet de construire une courbe en prenant pour abscisses les valeurs variables de p_2 , et pour ordonnées les valeurs de s correspondantes (cette courbe n'est pas représentée sur les planches); or, il faut remarquer que les valeurs de la section libre de la valve, ou s , sont sensiblement proportionnelles aux déplacements du manchon, avec la disposition habituelle des leviers des valves; la courbe dont nous venons de parler représente donc, à une constante près connue, les variations du déplacement du manchon en fonction de p_2 .

En réalité, les valeurs de s ne sont pas tout à fait proportionnelles aux déplacements du manchon; on peut, d'ailleurs, évaluer plus exactement la valeur de S en fonction de la position du manchon; si l'on désigne par S la section du tuyau qui contient la valve, par α l'angle du plan de la valve avec l'axe de ce tuyau, et par α_0 cet angle, la valve étant fermée, on a naturellement :

$$s = S (\sin \alpha - \sin \alpha_0).$$

La disposition des leviers donne la valeur de α pour chaque position du manchon. Il est facile de tenir compte de cette relation pour construire plus exactement la courbe en question, mais c'est le plus souvent inutile.

Cela posé, il est facile de construire par points la courbe OAB (*fig. 2*); en effet, pour chaque position du manchon on cherche la valeur de p_2 d'après la courbe dont nous venons de parler; avec le degré d'admission constant de la machine, on en conclut le diagramme du travail moteur correspondant. Le calcul peut, d'ailleurs,

être simplifié, en admettant que la force en chevaux de la machine est proportionnelle à la pression p_2 de la vapeur à l'admission, ce qui n'est pas loin de la vérité.

La courbe OAB de la *fig. 2* a été construite à l'échelle pour une machine sans condensation avec une chaudière à 7 atmosphères et avec une valve équilibrée ayant les dimensions indiquées dans mon mémoire de 1887 ; pour une machine avec condensation, on applique la même formule, depuis la valeur $p_2 = 0$, au lieu de partir de $p_2 =$ pression atmosphérique. Il est, du reste, peu utile de construire cette courbe pour une machine à condensation ; en effet, dans ce cas, il est bien rare que le travail moteur soit assez faible pour que la pression à l'admission soit inférieure à la pression atmosphérique ; même quand la courroie tombe, il reste encore les résistances de la machine.

On voit sur la courbe OAB que les variations du travail moteur sont bien loin d'être proportionnelles à la section libre s de la valve ; en d'autres termes, la sixième hypothèse de ma théorie des régulateurs à maximum et minimum n'est nullement réalisée. Pratiquement, l'inconvénient se traduira souvent par une instabilité désastreuse du régulateur, quand le manchon se rapproche de sa position de fermeture. C'est pour éviter cet inconvénient que certains constructeurs disposent la valve de manière qu'elle ne puisse se fermer complètement, moyen détestable, comme je l'ai dit ci-dessus, car les machines ainsi réglées s'emballent quand la machine tourne à vide, ce qui peut causer l'explosion du volant. Nous allons montrer qu'on peut éviter cet inconvénient soit en augmentant le volant, soit en modifiant la forme de la valve suivant les principes de mon mémoire de 1887.

§ 43. — **Théorie nouvelle de la corrélation.** — Maintenant que nous savons construire la courbe OAB, nous allons

voir que la théorie de la corrélation entre le volant et le régulateur, avec l'emploi d'une valve équilibrée, se rattache très facilement à celle que nous avons donnée pour la machine Corliss ; voici comment :

Nous venons de voir que la courbe OAB représente les variations de la force motrice en chevaux suivant la position du manchon du régulateur, avec une valve équilibrée ; les ordonnées ont été divisées en centièmes de la force motrice maxima.

Dans le cas des machines Corliss, au contraire, la courbe OAB devient la ligne droite OB, puisque, comme nous l'avons dit, les variations de la force motrice sont, dans ce cas, sensiblement proportionnelles aux déplacements du manchon.

Considérons une position du manchon voisine de la fermeture de la valve, la position M_b qui est à $\frac{1}{5}$ de la course du manchon.

Comparons ce qui se passe dans les deux cas pour le déplacement OM_b du manchon. L'ordonnée M_bD est quatre fois plus grande que l'ordonnée M_bC ; désignons par L le rapport des ordonnées $\frac{M_bD}{M_bC}$; donc avec la valve

ce déplacement de $\frac{1}{5}$ de la position du manchon donne une force motrice de 20 p. 100 environ du maximum pour la machine Corliss, et une force motrice de 80 p. 100 environ du maximum pour la machine avec régulateur à valve. Si l'on prenait une autre position voisine de M_b le résultat ne changerait pas sensiblement.

Reportons-nous maintenant au § 18, qui concerne les perturbations du deuxième genre. Si l'on appliquait ici la formule de ce paragraphe, qui donne la valeur de y , il est bien évident que l'effet de la même perturbation de la position du manchon serait ici beaucoup plus grave que dans

la machine Corliss, si elle se produit dans le voisinage de la fermeture de la valve, puisqu'un même déplacement du manchon produit une variation quatre fois plus grande de la force motrice ; que faut-il faire maintenant pour que cet effet ne soit pas plus fâcheux que pour la machine Corliss ? Il faut naturellement diminuer la perturbation elle-même dans une proportion que nous allons fixer.

Pour cela, reprenons la formule (4) du § 18, où :

$$y = \frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}}.$$

On se rappelle que λ et μ sont des fractions de l'unité qu'on prend d'autant plus petites qu'on veut rendre moindre la perturbation du deuxième genre.

Cela posé, pour que la perturbation du deuxième genre ne soit pas plus nuisible dans le régulateur à valve que dans les machines Corliss, il faut et il suffit que λ soit L fois plus petit avec la valve qu'avec la machine Corliss ; en effet, dans ces conditions, le manchon sera arrêté sur une longueur L fois plus petite, ce qui correspondra à la même variation de force motrice qu'avec λ dans la machine Corliss ; donc λ devient ici $\frac{\lambda}{L}$; λ peut être pris égal à 0,25 et $\mu = 33$, comme dans les machines Corliss ; ces chiffres n'ont rien d'absolu : plus on les choisira faibles, moins les oscillations seront visibles, et plus elles seront vite arrêtées.

(L est le rapport des ordonnées $\frac{M_b C}{M_b D}$, comme je l'ai dit ci-dessus.)

Ainsi la formule qui donne y devient :

$$(1) \quad y = 6 \sqrt{\frac{c}{\frac{\lambda}{L} \times \mu \times E^3}} = 6 \times \sqrt{L} \times \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}}.$$

Cette formule est relative au régulateur de Porter; pour le régulateur de Watt et Farcot elle devient :

$$y = 6 \times \sqrt{L} \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \times \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}.$$

d'après le § 19.

Donc la même formule est **applicable**, sauf que la $\frac{1}{2}$ force vive du volant est multipliée par \sqrt{L} ; si $L = 4$, comme dans le cas de la courbe OAB, il faut donc **employer** un volant deux fois plus puissant avec le régulateur à **valve** qu'avec les machines Corliss, ou bien diminuer la valeur de E, ce qui diminue la précision de la régularisation. Ce résultat est extrêmement important, puisqu'il résume la théorie de la corrélation pour les régulateurs agissant sur une valve ou soupape équilibrée.

La formule donnant la $\frac{1}{2}$ force vive du volant pour les perturbations du premier genre n'est pas modifiée; seulement elle perd ici toute importance et sera toujours vérifiée d'elle-même, car la formule précédente est celle qui exige le plus grand poids de volant; on peut s'en assurer en faisant des applications numériques.

Examinons l'effet des perturbations du troisième genre.

On calculera la puissance du régulateur par la formule habituelle :

$$(2) \quad \frac{dn}{n} = \mu E = \frac{F}{2 \left[P \frac{b}{a} + Q \right]}, \quad \text{d'où:} \quad P \frac{b}{a} + Q = \frac{F}{2\mu E}$$

(F désignant le frottement de l'axe de la valve évaluée au manchon).

Mais ici j'ai à faire une remarque importante :

Il faut que la puissance du régulateur $P \frac{b}{a} + Q$ soit

calculée aussi exactement ~~que possible~~ **par cette formule**, mais il ne faut pas que le régulateur soit trop puissant; en effet, F désigne ici la valeur du frottement considéré comme frein, ainsi que je l'ai expliqué aux § 19 et 21, ce frein remplaçant ici le frein à huile des machines Corliss.

Si le régulateur était trop puissant, les conditions de ma théorie ne seraient plus remplies, et le régulateur deviendrait sujet aux oscillations. On pourrait encore employer un régulateur trop puissant avec un frein à huile, mais c'est une complication absolument inutile dans ce cas.

Examinons, enfin, l'effet des perturbations du quatrième genre.

Les formules des § 30, 31 et 32 s'appliquent ici, mais avec les deux modifications suivantes:

1° Il faut d'abord multiplier par le coefficient L le deuxième membre de la formule qui donne la $\frac{1}{2}$ force vive par cheval, eu égard aux perturbations du quatrième genre. Reportons-nous, en effet, à l'étude de ces perturbations pour le cas des machines Corliss (§ 30); nous avons vu que, si le travail résistant varie de $\frac{1}{n}$ de son maximum, le manchon saute de $\frac{1}{n}$ de la course totale, et que la variation du travail moteur reste toujours appropriée aux besoins; mais ceci suppose implicitement que les variations du travail sont proportionnelles aux déplacements du manchon, condition qui est sensiblement réalisée, comme on l'a vu, avec les machines Corliss, et non avec les régulateurs à valve. Or, nous désirons qu'avec le régulateur à valve un même soubresaut du manchon ne donne pas une perturbation plus grande qu'avec les machines Corliss; pour cela, il faut et il suffit que la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval soit L fois plus grande; il faut

donc ici multiplier par L le deuxième membre des équations relatives aux perturbations du quatrième genre, L ayant la même signification que ci-dessus ;

2° Il faut, en outre, multiplier ce deuxième membre par un autre coefficient, comme je vais l'expliquer. Ici la quantité de vapeur emprisonnée, sur laquelle la valve n'a pas d'action, est égale, non seulement à la vapeur admise dans le cylindre pendant l'admission, mais encore à la quantité de vapeur comprise entre la valve et le cylindre ; si donc je désigne par K le rapport de ce volume à celui de l'admission maxima, on voit que la $\frac{1}{2}$ force vive doit être multipliée par $(1 + K)$; on aura donc, en définitive, les formules suivantes :

1° Machine à cylindre unique :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 19 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + k) \times L;$$

2° Machine à deux cylindres à 90° :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 9,5 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + k) \times L;$$

3° Machine compound :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive du volant par cheval} = 14 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + k) \times L.$$

J'ai déjà signalé, dans mon mémoire de 1878, la perturbation ci-dessus due à k .

En résumé, comme on le voit, j'ai rattaché complètement la théorie de la corrélation dans les régulateurs à valve à celle que j'ai donnée pour les machines Corliss.

On peut se demander si les trois formules précédentes, avec leurs coefficients $(1 + k)$ et L ne donneront pas des valeurs un peu fortes pour le poids du volant ; il n'en est rien pour les motifs suivants :

D'abord nous avons vu que, à part le cas des régulateurs à ressorts, les formules relatives aux perturbations du quatrième genre donnent pour le volant un poids sensiblement inférieur à celui que donnent les perturbations du deuxième genre, avec les machines Corliss; mais, de plus, il faut remarquer que les régulateurs à valve ne s'emploient plus guère que pour des machines à grande vitesse ou à plusieurs cylindres, ce qui réduit sensiblement le poids du volant donné par les formules précédentes. Si, par exception, on installe un régulateur à valve sur une machine à cylindre unique à marche lente, les formules précédentes montrent qu'il faudra réduire, le plus possible, les coefficients $(k + 1)$ et L pour éviter l'emploi d'un volant trop fort; or, on peut réduire $(k + 1)$ autant qu'on veut, en mettant la valve très près des cylindres; de plus, on verra au paragraphe suivant que, pour réduire L le plus possible, il faut employer une valve aussi petite que possible. Mais ce qu'il faut surtout faire, c'est employer la valve à stabilité variable, qui permet de diminuer sensiblement le volant, comme on le verra plus loin.

On peut me faire l'objection suivante : il existe dans l'industrie une foule de machines réglées par un régulateur à valve équilibrée de grande dimension, munies d'un très petit volant et qui ne sont nullement sujettes aux oscillations du manchon du régulateur. Je rappellerai que ces machines ont une valve qui ne ferme pas et n'ont, par suite, qu'un simulacre de régulateur; on peut s'en assurer en faisant marcher la machine à vide; on se trouve alors dans le cas signalé à la fin du § 41.

Quelquefois certains mécaniciens empêchent les oscillations du manchon en tenant toujours un peu fermé le robinet d'admission que possède toute machine en amont de la valve; j'ai montré, dans mon mémoire de 1878, l'influence régulatrice de cet artifice.

On conçoit parfaitement que, avec une valve qui ne ferme pas, la courbe OAB se rapproche beaucoup d'une ligne droite, ce qui permet de diminuer beaucoup le volant. On peut même le faire beaucoup plus petit que dans les machines Corliss, si la valve ferme très mal, car le travail moteur ne peut plus varier qu'entre des limites très restreintes, voisines de son maximum.

Je pourrais faire la théorie de la corrélation avec des valves qui ne ferment pas, mais elle serait assez compliquée, et c'est inutile, puisque ces appareils sont mauvais et ne doivent pas être employés; ce qu'il faut employer, je le répète, c'est la valve à stabilité variable, dont je parlerai plus loin.

§ 44. — **Influence de la grandeur de la valve ou soupape sur le poids à donner au volant** (signalée dans mon mémoire de 1887). — La courbe OAB a été tracée, comme je l'ai dit, en prenant le cas d'une machine sans condensation, avec 7 atmosphères de pression dans les chaudières et avec une valve équilibrée de dimensions modérées et conforme aux indications de mon mémoire de 1887.

Cela correspond à une valve qui, étant ouverte en grand, laisse passer la vapeur avec une vitesse maxima de 100 mètres par seconde, qui donne environ $\frac{1}{20}$ d'atmosphère de perte de charge à l'admission pour le travail maximum.

Dans ces conditions, on obtient $L = 4$ environ, comme le montre la figure. Mais on va voir que L varie considérablement suivant la grandeur de la valve employée ou, plus exactement, suivant la section maxima qu'elle laisse au passage de la vapeur quand la force motrice de la machine est à son maximum.

En effet, supposons qu'on emploie une valve plus petite que celle qui a servi à établir la courbe OAB. Il

est évident que, pour une même position Mb du manchon du régulateur, la section libre de la valve sera plus petite, d'où il résulte que la pression à l'admission sera plus faible, ainsi que le travail moteur; on obtiendra alors une courbe $OA'B$ qui montera moins vite que la courbe OAB ; alors le rapport L' devient le rapport $\frac{M_b E}{M_b C}$, rapport

sensiblement plus petit que L ; dans le cas de la figure, on a avec cette petite valve $L = 3$, au lieu de $L = 4$ du cas précédent. Donc, d'après le paragraphe précédent, la demi-force vive du volant doit être diminuée, avec cette valve plus petite. Cette observation a une importance considérable et elle vient confirmer un fait bien connu de quelques constructeurs, à savoir que les régulateurs sont d'autant plus instables que les valves sont plus grandes. La conclusion, c'est qu'il faut employer des valves aussi petites que possible pour ne pas être obligé d'augmenter le volant démesurément.

Il en résulte un autre avantage, c'est qu'une petite valve donne moins de frottement qu'une grande et, par suite, exige un régulateur moins puissant.

La limite à la petitesse de la valve est celle qui donne une perte de charge trop forte, la valve étant ouverte en grand. J'ai dit ci-dessus que la courbe OAB correspond à une valve donnant 100 mètres de vitesse de la vapeur au maximum et $\frac{1}{20}$ d'atmosphère de perte de charge au plus avec le travail maximum; la courbe $OA'B$ correspond environ à la vitesse de 200 mètres et à une perte de charge de $\frac{1}{5}$ d'atmosphère.

On voit donc combien il est important de renoncer à l'habitude vicieuse de faire des valves trop grandes.

J'ajouterai qu'il est indispensable de donner à la conduite de la vapeur de l'admission un diamètre sensible-

ment plus fort que celui du bout de tuyau qui contient la valve, pour éviter la perte de charge due au frottement de la vapeur. Il est bon de faire des raccords coniques aux conduites.

La formule (1) du § 43 montre, en résumé, que si L est égal à 4 dans la pratique, il faudra un volant deux fois plus fort avec le régulateur à valve qu'avec une machine Corliss.

§ 45. — **Marche des calculs avec régulateurs à boules et à poids avec ou sans surcharge du manchon.** — La marche des calculs se déduit aisément des deux paragraphes précédents.

On choisit d'abord E suivant la nature de l'atelier, d'après le tableau que j'ai donné au § 35.

Puis, on calcule les dimensions du régulateur en conséquence (abstraction faite de sa puissance).

Puis, on calcule les dimensions de la valve, comme cela est indiqué ci-dessus ; pour y arriver on n'a qu'à appliquer la formule :

$$d = 0,16 \sqrt{S \times V} ;$$

d , diamètre cherché du tuyau contenant la valve ;

S , section d'un piston de la machine ;

V , vitesse du piston au milieu de sa course (formule extraite de mon mémoire de 1887).

Cette formule correspond à $\frac{1}{20}$ d'atmosphère de perte de charge à l'admission, la valve ouverte en grand ; on peut même descendre jusqu'à $d = 0,08 \sqrt{S \times V}$, qui correspond à $\frac{1}{5}$ d'atmosphère de perte de charge à l'admission.

Puis, on calcule la résistance F due au frottement de la

valve, évaluée au manchon, par la formule :

$$F = 100 \frac{d^3}{c}$$

(c est la course totale du manchon du régulateur).

Cette formule est extraite du même mémoire ; elle est basée sur des expériences que j'ai faites en mesurant au dynamomètre le frottement des valves établies suivant mes indications.

Puis, on calcule la $\frac{1}{2}$ force vive du volant et la puissance du régulateur comme je l'ai expliqué au § 43, en construisant la courbe OAB ou en se contentant de prendre $k = 4$, si l'on prend la grande valve donnant une perte de charge de $\frac{1}{20}$ d'atmosphère à l'admission pour le travail maximum.

§ 46. — **Marche des calculs avec régulateurs à boules et à ressorts.** — Ici, et plus encore que dans les machines Corliss, on a un extrême avantage à diminuer l'inertie du régulateur en employant les régulateurs à poids et à ressorts ; il faut même ici ne plus employer aucune surcharge du manchon ; en effet le manchon n'a plus à résister à un choc de déclic, et il faut en profiter pour réduire le plus possible l'inertie du régulateur.

La marche des calculs est absolument la même que dans le paragraphe précédent, mais la formule qui donne la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval est tirée, par analogie, du § 21, et non plus des § 18 et 19.

On a alors :

$$y = 6 \times \sqrt{L} \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q + R}};$$

Q est le poids du manchon ;

P , le poids de chaque boule ;

R , la compression du ressort ;

$\frac{c'}{c}$ est le rapport des chemins parcourus par une boule et par le manchon pendant la course totale de ce dernier.

On voit, d'après cette formule, qu'il y a un avantage considérable à employer des régulateurs à ressorts pour diminuer le poids du volant.

Les formules relatives aux perturbations du quatrième genre sont ici les mêmes naturellement qu'au § 43, c'est-à-dire les mêmes que pour les machines Corliss, avec les coefficients L et $(k + 1)$.

On voit donc que, avec les régulateurs à ressorts, on peut employer un volant très faible, mais à la condition d'employer une valve de petite dimension et située très près des cylindres ; sans cela ce sont les formules relatives aux perturbations du quatrième genre, et non plus celles du deuxième genre qui nous obligeraient à l'emploi d'un volant puissant. Mais le mieux est d'employer la valve à stabilité variable dont je parlerai plus loin.

Pour finir, je dirai que l'un des meilleurs systèmes consiste à adopter les régulateurs dans le volant, que j'ai étudiés longuement au § 9 ; dans ce cas, la formule de la corrélation serait :

$$y = 6\sqrt{L} \sqrt{\frac{c}{\lambda^2 E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P\left(\frac{c'}{c}\right)^2}{2R\left(\frac{c'}{c}\right)^2}}.$$

R étant la compression de chacun des ressorts, agissant suivant les rayons. C'est en employant ce système avec des valves ou soupapes équilibrées que beaucoup de constructeurs obtiennent des machines bien réglées déjà, et cela avec des volants très modérés. Mais je vais montrer qu'on peut faire mieux encore ou employer un volant plus

faible en appliquant les principes de mon mémoire de 1887 pour la construction des valves et des soupapes.

III. — VALVES ET SOUPAPES A STABILITÉ VARIABLE.

§ 47. — **Compensation des valves par un système de leviers.** — Pour compenser l'inconvénient des valves, j'ai proposé, en 1878, d'employer le système de leviers à genoux représenté sur la *fig. 5* (Pl. X); le système s'explique de lui-même; il permet d'obtenir des variations du travail à peu près proportionnelles aux déplacements du manchon; ces leviers sont d'un réglage un peu délicat.

§ 48. — **Compensation des vannes par des orifices en pointe.** — Dans mon mémoire de 1878, j'ai proposé de donner une forme en pointe aux orifices des vannes d'admission d'eau; c'est toujours la même idée.

§ 49. — **Valve à stabilité variable.** — Voici, enfin, quel est l'appareil le plus pratique pour compenser cet inconvénient des valves:

La *fig. 1* (Pl. X) représente une valve équilibrée sous l'action de la vapeur; c'est le type de valve qui est considéré généralement comme parfait. Les épaisseurs ont été grossies sur le dessin pour faciliter les explications. Dans cet appareil le centre de l'axe de rotation se trouve exactement dans le plan AB de la face de la valve, du côté de l'arrivée de vapeur, ce qui caractérise la valve équilibrée.

La *fig. 2* (Pl. X) représente une valve défectueuse, très répandue cependant dans la pratique; l'axe est situé au milieu de l'épaisseur de la valve; cette valve n'est pas équilibrée; elle a une tendance à se coller quand elle est

fermée ; en effet, menons par le centre de l'axe une perpendiculaire au plan de la valve ; soit D son intersection avec la face de la valve ; il est clair que AD est plus grand que DB, de sorte que l'action de la vapeur tend à produire la fermeture de la valve ; il en résulte que, si une oscillation du régulateur due à une cause quelconque amène la valve dans le voisinage de sa fermeture, elle se collera d'elle-même et restera collée malgré l'action du régulateur ; la machine se ralentira démesurément jusqu'à ce que la valve se décolle tout d'un coup ; alors le manchon du régulateur retombera lourdement de toute sa course, puis la machine s'accélérera rapidement, la valve se collera de nouveau, et ainsi de suite. Ainsi s'expliquent un grand nombre d'insuccès obtenus avec les régulateurs à valve ; on attribue le plus souvent au régulateur ce grave inconvénient, et le défaut de la valve elle-même passe presque toujours inaperçu.

La *fig. 4* (Pl. X), au contraire, représente une excellente disposition, que j'ai appelée, en 1887, *valve à stabilité variable*. C'est tout simplement une valve équilibrée dans laquelle on a donné un léger coup de lime AC sur l'arête située du côté de l'arrivée de vapeur ; ce coup de lime va en mourant des deux côtés jusqu'à l'axe de la valve, où il se réduit à zéro (Voir les figures de mon mémoire de 1887).

Une telle valve n'est pas équilibrée ; elle présente une tendance à l'ouverture ; en d'autres termes, lorsque, par une circonstance accidentelle, la valve a été fermée, elle se rouvre légèrement d'elle-même, et on évite ainsi les oscillations dont nous venons de parler. Mais il y a mieux : la valve qui représente une légère tendance à l'ouverture est bien préférable à la valve équilibrée de la *fig. 1*. En effet, cette tendance, qui est assez forte lorsque la valve est voisine de sa fermeture, va sans cesse en diminuant à mesure que la valve s'ouvre davantage ; c'est donc, en

quelque sorte, un dispositif qui donne au système de la valve et du régulateur une *stabilité* d'autant plus grande que cette valve est plus voisine de sa fermeture.

Cette particularité vient très heureusement compenser le défaut de la valve dont nous avons parlé ci-dessus. Cet artifice est depuis longtemps employé dans certains ateliers, où l'on a remarqué que les valves avaient généralement une tendance à rester collées et où l'on a cherché les moyens de leur donner une tendance contraire.

On emploie aussi quelquefois un autre procédé consistant à placer l'axe de la valve très légèrement au-dessus de son plan d'amont AB; on obtient également ainsi une valve qui tend à se décoller. Ces deux tours de main, bien que très peu connus, ont, je crois, une origine très ancienne, mais tous les constructeurs n'en comprennent pas l'importance, et l'on va voir comment ils permettent de réduire le volant. On peut les employer simultanément. L'importance à donner au coup de lime peut se calculer comme on le verra plus loin; mais les personnes peu habituées aux calculs peuvent se contenter d'opérer ainsi qu'il suit : on commence par donner un léger coup de lime et on essaie la valve dans la pratique, en faisant varier le travail de l'atelier; puis, si le régulateur est encore sujet aux oscillations, on retire la valve et on augmente le coup de lime, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à obtenir un régulateur assez stable pour que le manchon revienne rapidement à l'immobilité, après qu'on l'a brusquement dérangé de sa position. Mais, je le répète, au lieu de régler pratiquement le coup de lime, je montrerai comment on peut le calculer théoriquement, ce qui vaut beaucoup mieux pour se rendre compte de ce que l'on fait.

§ 50. — **Soupape à stabilité variable.** — La valve établie exactement suivant les dessins de mon mémoire

de 1887, avec sa garniture métallique, est, à mon avis, le meilleur et le moins encombrant des obturateurs pour les machines puissantes. Mais, pour les petites machines, l'application exacte de mes calculs conduit à des dimensions très petites de la valve, si petites même que la valve devient un organe délicat. On tourne souvent la difficulté, en mettant aux petites machines des valves trop grandes; mais le moyen est détestable, comme on l'a vu au § 44. On pourrait s'en tirer en employant une valve un peu trop grande et en n'employant qu'un petit angle de rotation de la valve, pour la course totale du manchon; mais alors il resterait toujours deux inconvénients, c'est que la valve trop grande fermerait mal et donnerait des frottements relativement importants qui exigeraient l'emploi d'un régulateur un peu puissant.

Pour éviter ces inconvénients, j'ai imaginé, en 1887, un appareil que j'ai appelé *soupape à stabilité variable* et qui jouit des mêmes propriétés que les « valves à stabilité variable », dont je viens de donner la description. Je ne donne pas ici le dessin ni la description de cette soupape, on la trouvera dans mon mémoire précité de 1887 (V. Pl. VIII de ce mémoire). Cette soupape est destinée, suivant moi, à rendre des services dans la construction des petites machines à vapeur, qu'on veut régler avec une grande précision.

IV. — CALCUL DU RÉGULATEUR DE LA VALVE OU SOUPAPE A STABILITÉ VARIABLE ET DU VOLANT.

(J'ai imaginé cette nouvelle théorie pour répondre à la question posée par l'Académie; elle est exposée dans les § 51 à 54 suivants.)

§ 51. — **Étude de la corrélation.** — Nous avons vu que, en employant une valve ou une soupape ordinaire équilibrée,

les formules de la corrélation montrent qu'il faut employer un volant plus fort qu'avec les machines où le régulateur agit directement sur la distribution, comme les machines Corliss. Je vais montrer qu'avec l'emploi des valves et soupapes à stabilité variable, établies suivant les principes de mon mémoire de 1887, cet inconvénient est sensiblement diminué ; ce fait a une importance considérable, au point de vue de la pratique, puisque cela permet ou d'employer un volant plus faible qu'avec les valves ordinaires, ou d'adopter une valeur de E plus faible, avec le même volant, ce qui rend la régularité plus parfaite.

Pour le montrer, revenons à la *fig.* 1 (Pl. X). Dans cette disposition, la valve est équilibrée, c'est-à-dire que le moment de la pression de la vapeur sur la demi-face AD est égal au moment de la pression de la vapeur sur la demi-face DB, les moments étant pris par rapport à O.

Mais, si nous passons à la *fig.* 4, on voit de suite que le moment de la demi-face CAD de la valve est inférieur au moment de la demi-face DB. Considérons ces moments, en supposant la valve fermée ; la pression à considérer est ici la pression de la vapeur dans la chaudière évaluée au-dessus de la pression atmosphérique, si la machine est sans condensation, et au-dessus de zéro, si elle est munie d'un condenseur. Il est alors facile d'évaluer la différence de ces moments, lorsque la valve est fermée ; en d'autres termes, étant donnée l'importance du coup de lime, il est facile de calculer l'effort à faire pour maintenir la valve fermée ; j'évaluerai, comme toujours, cet effort au manchon du régulateur, et je le désigne par Φ_1 .

Cet effort Φ_1 agit, naturellement, sur le manchon du régulateur et lui donne une tendance à s'éloigner de sa position supérieure, position dangereuse, au point de vue de sa stabilité, puisque nous avons vu que la force motrice varie très rapidement dans ce voisinage, pour un déplace-

ment donné du manchon. Mais examinons de plus près ce qui se passe ici.

La valeur de Φ_1 correspond à la valve fermée, le manchon étant en haut de sa course; mais nous allons voir maintenant comment varie Φ ou la réaction de la valve, sur le manchon, quand ce manchon se déplace du haut en bas de sa course.

Pour y arriver, il suffit de remarquer que Φ est proportionnel à la différence des pressions de la vapeur en amont et en aval de la valve. Considérons ici la pression moyenne de la vapeur pendant l'admission et la valeur moyenne de Φ qui en résulte, sans tenir compte des variations rapides de cette pression pendant l'admission.

Cela posé, il faut remarquer que la différence des pressions, en amont et en aval, est sensiblement proportionnelle à la force motrice de la machine, puisque le degré d'admission de la machine est constant, comme dans tous les régulateurs à valve. Donc la courbe qui donne les variations de la différence des pressions sur la valve est une courbe dont les coordonnées sont sensiblement proportionnelles à la courbe OAB (*fig. 2*, Pl. X). Donc la courbe OAB représente également les variations de Φ , en fonctions de son maximum Φ_1 (dont nous connaissons la valeur), quand le manchon se déplace de haut en bas.

Φ est une force évaluée au manchon, qui donne une perturbation relative de vitesse égale à :

$$\frac{dn}{n} = \frac{\Phi}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)},$$

comme on le sait.

Donc, comme je l'avais annoncé, la valve a la propriété d'augmenter la stabilité du régulateur suivant les besoins; en d'autres termes, le régulateur, en dehors de son écart relatif propre E, jouit d'un nouvel écart relatif de

vitesse, dû au coup de lime, et dont l'action se fait sentir surtout quand cela est utile, c'est-à-dire dans le voisinage de la fermeture de la valve.

Il ne m'est pas possible de donner, dans le cas de cette valve à stabilité variable, une théorie de la corrélation aussi précise que celle que j'ai donnée pour les machines Corliss et pour les valves équilibrées ordinaires. Mais je vais indiquer les règles empiriques auxquelles j'ai été amené par de longues recherches; je montrerai ensuite théoriquement que les règles empiriques sont justifiées et qu'elles donnent un volant largement suffisant, pour éviter les oscillations du deuxième genre; les formules sont donc encore basées sur la théorie pure.

Voici quelles sont ces règles empiriques :

On choisit E d'après le tableau du § 35, suivant la nature de l'atelier et comme s'il s'agissait d'une machine Corliss ;

Puis, on partage E en deux parties :

1° D'abord $E_1 = \frac{E}{2}$ que l'on assignera comme valeur à l'écart relatif propre du régulateur considéré isolément;

2° Ensuite $E_2 = \frac{E}{2}$ qui sera l'écart relatif de vitesse du régulateur dû à l'influence du coup de lime, ce qui permet de calculer l'importance de ce coup de lime, d'après ce qui a été dit ci-dessus.

Quant à la valeur de y ou $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval de force motrice maximum, on la calculera d'après la formule empirique :

$$y = 6 \left[\frac{1 + \sqrt{L}}{2} \right] \times \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}},$$

c'est la moyenne des valeurs données pour les machines Corliss et pour les valves équilibrées.

Je suppose le régulateur du type de Porter ; il faut multiplier par les facteurs convenables, s'il s'agit du régulateur de Watt, de Farcot ou d'un régulateur à ressorts, comme aux § 19 et 21.

Telles sont les règles et la formule de la corrélation, en ce qui concerne les perturbations du deuxième genre ou les plus importantes ; on verra plus loin les règles pour les autres perturbations.

Je vais montrer maintenant que ces règles et cette formule se justifient par des considérations théoriques ou qu'elles donnent un volant largement suffisant pour éviter les perturbations du deuxième genre avec la soupape à stabilité variable.

En effet, considérons de nouveau l'oscillation du manchon la plus funeste, celle qui correspond au manchon lancé de bas en haut, et toujours dans l'hypothèse la plus défavorable, c'est-à-dire avec travail moteur maximum et travail résistant nul.

Je suppose, par exemple, qu'on prenne $\lambda = \frac{1}{4}$ et que $L = 4$, ce qui correspond à la dimension habituelle des valves suivant mes formules. Alors, une fois le manchon lancé de bas en haut, il sera arrêté, non seulement par le frein F , qui correspond à $\frac{E}{4}$, comme dans les machines Corliss, mais encore par la résistance Φ , à la fermeture de la valve, due au coup de lime, et qui correspond à $\frac{E}{2}$ d'après ce qui précède.

Donc le frein total tendant à arrêter le manchon sera trois fois plus fort que dans le cas de la machine Corliss. Mais, d'autre part, la formule empirique précédente nous donne une valeur de y un peu plus forte que pour la machine Corliss, en fonction de l'écart relatif de vitesse total E , ce qui diminuera la vitesse maxima et, par suite, à plus forte raison, la force vive maxima du manchon.

Donc le manchon sera très largement arrêté sur une longueur quatre fois plus faible que dans la machine Corliss, puisque le frein est déjà trois fois plus fort et que la $\frac{1}{2}$ force vive du manchon est sensiblement plus faible que dans le cas de la Corliss.

Puisque le manchon sera arrêté sur une longueur égale à peine à $\frac{1}{4}$ du cas de la machine Corliss, cela suffit largement pour éviter les oscillations du deuxième genre, puisque L est égal à 4, c'est-à-dire que les variations du travail moteur sont quatre fois plus rapides avec la valve qu'avec la machine Corliss (raisonnement pareil à celui du § 43 ci-dessus).

Donc, comme je l'avais annoncé, la valeur de y est largement suffisante ; on pourrait même lui donner, d'après ce qui précède, une valeur légèrement inférieure, mais je préfère m'en tenir à cette formule prudente, à cause des difficultés d'exécution des valves et des aléas qui en résultent dans la pratique.

Cette théorie, je le répète, n'a pas la même précision que toutes celles qui précèdent, mais elle suffit néanmoins pour calculer le volant dans ce cas.

§ 52. — **Marche des calculs avec régulateurs à boules et à poids avec ou sans surcharge du manchon.** — Comme je l'ai dit dans le paragraphe précédent, on choisira l'écart relatif de vitesse totale E suivant la nature de l'atelier, en prenant le même chiffre que pour une machine Corliss ; puis, on adoptera $E_1 = \frac{E}{2}$ pour l'écart relatif de vitesse propre du régulateur et $E_2 = \frac{E}{2}$, pour celui qui est dû au coup de lime, ce qui permet de calculer ce coup de lime.

Puis, on calculera y par la formule du paragraphe précédent, ou :

$$y = 6 \left[\frac{1 + \sqrt{L}}{2} \right] \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}},$$

formule applicable au régulateur de Porter, le coefficient L ayant la même signification et s'établissant de la même façon que pour une valve équilibrée ; les valeurs λ, μ ont la même valeur que s'il s'agissait d'une machine Corliss. Quant à E , c'est l'écart relatif de vitesse total, et non pas l'écart relatif de vitesse propre du régulateur, ou $\frac{E}{2}$.

Pour les régulateurs de Watt et Farcot, la valeur de y est multipliée, comme au § 19, par le facteur :

$$\sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{P \frac{b}{a} + Q}}.$$

Comme on a vu que, dans la pratique, L est généralement égal à 4, il en résulte que le coup de lime permet d'employer un volant égal aux $\frac{3}{4}$ de celui qu'il faudrait avec une soupape équilibrée, ou à $\frac{3}{2}$ de celui qu'il faudrait avec une machine Corliss ; ou bien ce coup de lime permet, à égalité de volant, d'employer une valeur de E sensiblement plus faible.

Il faut à présent voir ce que deviennent les équations relatives aux perturbations du quatrième genre.

Prenons pour point de départ ces formules dans le cas des machines Corliss ; il est clair qu'il faut d'abord multiplier le deuxième membre de ces formules par $(1 + K)$, comme pour les régulateurs à valves équilibrées, et cela pour les mêmes motifs.

Cherchons maintenant quelle est l'influence du coefficient L dont il a été question à plusieurs reprises ; pour cela, nous allons procéder comme nous l'avons fait au § 51.

Nous allons admettre *a priori*, que le volant, dans le cas de la valve à stabilité variable, doit être la moyenne arithmétique entre le volant nécessaire avec la machine Corliss et le volant nécessaire avec la valve équilibrée ; en d'autres termes, nous admettons qu'il faut multiplier par le coefficient $\frac{1+L}{2}$ le deuxième membre des équations de la corrélation pour les perturbations du quatrième genre ; quelques mots vont me suffire pour montrer que les formules ainsi obtenues donnent un volant largement suffisant pour éviter les perturbations du quatrième genre (la formule rigoureuse, trop difficile à trouver, donnerait un volant un peu moindre). En effet, en multipliant le deuxième membre des formules par $\frac{1+L}{2}$, cela revient à dire que le volant doit être, en pratique, 2,5 fois plus fort qu'avec une machine Corliss, puisque $L=4$ avec les valves des dimensions que j'ai indiquées. Comme avec les valves équilibrées, il est L fois plus fort, ou 4 fois plus fort qu'avec les machines Corliss, il en résulte que, avec les valves à coup de lime, le volant doit être $\frac{2,5}{4}$ fois plus faible qu'avec les valves équilibrées. Cela posé, je rappelle que l'écart relatif de vitesse E se compose d'une partie $\frac{E}{2}$ due au régulateur lui-même et d'une autre partie

$\frac{E}{2}$ due au coup de lime ; appelons maintenant *stabilité du système régulateur* l'écart relatif de vitesse par centimètre de course du manchon ; il est clair que, dans le cas actuel, la stabilité du système régulateur, dans le voisinage de la fermeture de la valve, est au moins égale à

$\frac{4}{2,5}$ fois la stabilité moyenne pendant toute la course du manchon.

Donc, si l'on compare le régulateur à valve à stabilité variable avec le régulateur à valve équilibrée, on voit que la stabilité a été augmentée dans un rapport plus grand que le volant n'a été diminué ; si l'on applique la théorie du § 30 au cas de la valve à coup de lime et au cas de la valve équilibrée pour $\frac{1}{n}$ seulement de la course du manchon, il est facile de voir que les perturbations du quatrième genre ne seront pas plus à craindre dans le deuxième cas que dans le premier ; les conditions sont même améliorées dans la valve à coup de lime, ce qui montre qu'on pourrait multiplier par un coefficient un peu inférieur à $\frac{1+L}{2}$.

Je pourrais chercher une formule serrant de plus près la réalité, mais je préfère m'en tenir à ce coefficient, pour ne pas trop compliquer la question.

En définitive, les formules relatives aux perturbations du quatrième genre, avec les valves ou soupapes à stabilité variable établies suivant mes principes, sont les suivantes :

1° Machines à cylindre unique :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive par cheval} = 19 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + K) \frac{1+L}{2};$$

2° Machines à deux cylindres à 90° :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive par cheval} = 9,5 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + K) \frac{1+L}{2};$$

3° Machines compound :

$$\frac{1}{2} \text{ force vive par cheval} = 14 \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{E} (1 + K) \frac{1+L}{2}.$$

Il est à remarquer que ces formules donnent, en pratique, à peu près exactement le même volant que celles de mon mémoire de 1887.

Donc, avec une valve à stabilité variable établie d'après mes principes, les régulateurs de vitesse peuvent rivaliser avec les machines Corliss les plus parfaites au point de vue de la régularité, en employant un volant un peu plus fort.

J'ai vérifié ce fait dans la pratique en installant en 1887 un régulateur et une valve d'après ces principes sur une vieille machine de plusieurs centaines de chevaux qui s'est trouvée réglée d'une façon absolument parfaite.

Enfin, la formule (2) du § 43 devient ici naturellement :

$$\frac{dn}{n} = \mu E = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)},$$

ou :

$$P \frac{b}{a} + Q = \frac{F}{2\mu E}$$

(μ étant le même que pour les machines Corliss).

Les autres formules du § 43 subsistent ici entièrement.

Naturellement, on ne met pas de frein à huile ; le frottement de la valve en tient lieu.

Je vais, pour finir, donner deux applications numériques, pour montrer que le volant, tout en étant un peu plus fort qu'avec les machines Corliss, est encore modéré en appliquant mes formules.

Reprenons l'application numérique du § 36, qui correspond à $E = 0,05$, donnant une régularité exceptionnellement bonne.

On a vu que, dans ce cas, pour la machine Corliss, on trouve, pour les perturbations du deuxième genre, une $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval égale à 458 kilogrammètres.

Ici, il faut multiplier par $\frac{1 + \sqrt{L}}{2}$ ou $\frac{1 + \sqrt{4}}{2}$ ou $\frac{3}{2}$; on a donc :

$$458 \times \frac{3}{2} = 687 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour les perturbations du quatrième genre, on a trouvé au § 36 :

$$326 \text{ kilogrammètres.}$$

Ici, il faut multiplier par $\frac{1 + L}{2} = \frac{1 + 4}{2} = \frac{5}{2}$. On a donc :

$$326 \times \frac{5}{2} = 815 \text{ kilogrammètres.}$$

Ici, les perturbations du quatrième genre l'emportent sur celles du deuxième genre; ce serait le contraire si la machine était à grande vitesse ou à deux cylindres, ce qui est le cas habituel des régulateurs à valve.

Dans cette application, je ne tiens pas compte du coefficient $(K + 1)$, car je suppose la valve placée à côté du cylindre.

Avec les régulateurs à ressort on trouverait des chiffres bien plus faibles encore, surtout avec les machines à grande vitesse ou à plusieurs cylindres.

§ 53. — **Marche des calculs avec régulateurs à boules et à ressorts.** — La marche des calculs est la même qu'au paragraphe précédent, si ce n'est que y est donné, comme au § 46, par la formule :

$$y = 6 \frac{1 + \sqrt{L}}{2} \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c}{c'}\right)^2}{P \frac{b}{a} + Q + R}}.$$

On voit donc que y est d'autant plus petit que R est

plus grand ; c'est ce qui montre le grand avantage des régulateurs à ressorts, comme je l'ai fait remarquer à plusieurs reprises.

Les régulateurs de Tangye et analogues peuvent aussi donner d'excellents résultats comme régulateurs à valve ou à soupape, à cause de leur faible inertie (§ 66). Mais il est essentiel de les bien calculer suivant mes indications et de s'assurer qu'ils ne donnent pas des frottements trop considérables.

Pour le régulateur dans le volant du § 9, la formule est :

$$y = 6 \frac{1 + \sqrt{L}}{2} \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c}\right)^2}{2R \left(\frac{c'}{c}\right)^2}};$$

avec l'un de ces appareils et une valve à stabilité variable, on aurait donc une régularité merveilleuse, et cela avec un volant de poids modéré.

Ici, comme dans le paragraphe précédent, les formules relatives aux perturbations du quatrième genre sont les mêmes que pour les machines Corliss, avec les coefficients $(1 + K)$ et $\frac{1 + L}{2}$.

On voit donc que, dans ce cas, comme dans les autres il y a un grand intérêt à employer une valve très près du ou des cylindres et de petites dimensions.

V. — § 54. — REMARQUES ET DISPOSITIONS PRATIQUES DES VALVES ET LEVIERS.

Voici, pour finir les régulateurs à valves, quelques remarques d'une certaine importance :

On peut vérifier expérimentalement la valeur de l'effort Φ_1 qui produit la fermeture de la valve, une fois le

coup de lime donné ; il suffit pour cela de suspendre des poids au bout du levier de la valve jusqu'à ce qu'elle se ferme, malgré sa résistance à la fermeture due au coup de lime ; c'est une très bonne précaution, car, si l'axe de la valve est tant soit peu excentré sans qu'on le sache, la valeur de Φ_1 est différente de celle qui a été calculée ; il suffit d'un demi-millimètre d'erreur sur la position de l'axe de la valve pour modifier Φ_1 d'une façon appréciable.

On trouvera dans mon mémoire de 1887 tous les détails et dessins d'exécution sur les constructions des valves, des soupapes et des leviers de transmission ; on y trouvera aussi de nombreux détails pratiques sur l'essai des régulateurs existants, sur l'installation de bons régulateurs sur de vieilles machines, etc..., détails auxquels je prie les praticiens de vouloir bien se reporter (*).

CINQUIÈME PARTIE.

RÉGULATEURS AGISSANT INDIRECTEMENT SUR LA DISTRIBUTION.

I. — § 55. — ANCIEN RÉGULATEUR A EMBRAYAGES.

J'ai donné dans mon mémoire de 1879 la théorie de la corrélation entre le volant et le régulateur de vitesse dans les machines à vapeur, lorsque le régulateur agit indirectement sur la distribution au moyen de l'embrayage classique à pignons (Voir ce mémoire, § 29). J'ai démontré que ce système devait être abandonné, parce

(*) On trouvera ce mémoire, ou dans les *Annales des Mines*, comme il est dit ci-dessus, ou sous forme de brochure isolée (Dunod, 1888), ou dans la *Revue Industrielle* de 1888 (cinq articles).

qu'il donne lieu à des oscillations très grandes et permanentes de la vitesse, et cela dans des limites assez étendues pour que le volant puisse parfois être exposé à faire explosion ; j'ai montré qu'il se produit un fait très curieux : soit une machine de 100 chevaux par exemple ; si le travail résistant, tout en restant très voisin de 100 chevaux, subit des variations de 1 cheval seulement, tantôt en plus, tantôt en moins, il se peut que l'effet perturbateur de ces variations s'ajoute, si elles tombent dans un mauvais moment, à un tel point que 50 variations de 1 cheval, survenant même avec un certain intervalle de temps entre elles, peuvent faire autant de mal qu'une seule variation de 50 chevaux et donner lieu à d'énormes oscillations de la vitesse. Ce système, depuis cette époque, a été abandonné partout où la régularité de la machine offre un certain intérêt.

II. — § 56. — NOUVEAUX SYSTÈMES DE RÉGULATEURS A ACTION INDIRECTE.

Cela ne veut pas dire qu'on ne trouvera pas de bons régulateurs à action indirecte avec un autre système d'embrayages. M. Marcel Deprez, membre de l'Institut, a déjà fait, en 1876, des remarques fort importantes sur la manière d'éviter les oscillations de ces appareils, en interrompant l'embrayage à un moment convenable.

SIXIÈME PARTIE.

RÉGULATEURS DE SYSTÈMES DIVERS.

I. — § 57. — RÉGULATEUR DENIS POUR MACHINES
A VAPEUR.

Je ne donnerai pas ici la description du régulateur Denis employé dans les machines Weyher et Richmond ; c'est un excellent appareil, dont l'emploi s'impose lorsqu'on veut avoir une vitesse moyenne rigoureusement constante malgré de grandes variations du travail résistant, et cela avec un très petit volant (V. la description sommaire du régulateur Denis dans mon mémoire de 1878). Dans cet appareil la théorie de la corrélation est la même que pour les régulateurs ordinaires, sans tenir compte du dispositif spécial de M. Denis ; on considère le régulateur en lui-même avec son grand écart relatif de vitesse qui permet d'employer un petit volant, comme je l'ai montré dans les formules des deuxième et quatrième parties du présent mémoire.

Le système Denis est suffisant pour régler une locomobile à très faible volant chargée de donner la force motrice à un éclairage électrique par incandescence ; il rend de très grands services.

II. — § 58. — RÉGULATEURS POUR MACHINES A VAPEUR
NON BASÉS SUR L'ACTION DE LA FORCE CENTRIFUGE.

Je citerai d'abord l'ancien régulateur Larivière (V. mon mémoire de 1878) ; en le modifiant comme je l'ai indiqué il peut donner de bons résultats.

Je citerai en second lieu le régulateur d'Allen (V. mon mémoire de 1878). Cet appareil, calculé comme je l'ai indiqué, peut donner de très bons résultats ; il peut être sujet à des perturbations du deuxième genre dues à l'inertie du système ; on peut étudier ces perturbations par une méthode similaire à ma théorie de ces perturbations dans les machines Corliss ; mais je ne donnerai pas ces formules ici, pour ne pas m'étendre trop sur un système qui est peu répandu dans la pratique. Ce système a l'avantage de donner une grande puissance ; on a peut-être le tort de ne pas l'employer plus souvent. Il a l'inconvénient de donner des changements de la vitesse de régime quand l'huile change de consistance.

Cet appareil est à recommander quand on veut un régulateur de peu de précision et d'une grande puissance.

SEPTIÈME PARTIE.

FORMULES GÉNÉRALES ET APPLICATIONS.

I. — FORMULES GÉNÉRALES DU RÉGULATEUR D'UN SYSTÈME QUELCONQUE DES ORGANES DE RÉGLAGE ET DU VOLANT, LE RÉGULATEUR ÉTANT A FORCE CENTRIFUGE ET A ACTION DIRECTE.

§ 59. — **Courbe de la vitesse en fonction de la position du manchon du régulateur.** — J'ai donné la théorie complète de la corrélation pour les régulateurs de Watt, de Porter, de Farcot, de Watt à points de suspension séparés, et pour divers régulateurs à ressorts.

Je vais montrer que la même théorie peut être facilement généralisée au cas des régulateurs de Buss, de

Proëll et à tous les régulateurs quelconques à force centrifuge, à axe vertical et à action directe; en un mot, je vais donner la théorie de la corrélation dans le cas le plus général.

Tout d'abord, je vais chercher quelle est la formule qui donne la vitesse angulaire ω des régulateurs en fonction de la position des pièces du régulateur.

Soit Q (Pl. X, *fig.* 8) le manchon du régulateur.

Soit P le poids d'une des boules du régulateur; soit r sa distance à l'axe correspondant à la position Q du manchon; soit s le déplacement élémentaire de la boule correspondant à un déplacement infiniment petit q du manchon; soient dy et dx les composantes verticale et horizontale de s . Je suppose que le régulateur contienne un certain nombre de contrepoids ΣP représentés avec les mêmes notations.

Cela posé, appliquons au système l'équation connue:

$$(1) \quad \Sigma X dx + \Sigma Y dy = 0,$$

pour tous les déplacements compatibles avec les liaisons.

Je prends pour axe des X une horizontale passant par un point quelconque O situé au-dessus du système, et pour axe des Y l'axe du régulateur.

En P, on a :

$$\begin{cases} X = \text{force centrifuge} = \frac{P}{g} \omega^2 r, \\ Y = \text{poids de la boule} = -P. \end{cases}$$

En Q, on a :

$$\begin{cases} X = 0, \\ Y = -Q. \end{cases}$$

Soient m et n des déplacements compatibles, en P :

$$\begin{cases} dx = m, \\ dy = n. \end{cases}$$

Puis, posons en Q :

$$\begin{cases} dx = 0, \\ dy = q. \end{cases}$$

Substituons dans l'équation (1) ; il vient :

$$\frac{P}{g} \omega^2 r m - P n - Q q = 0.$$

Supposons que le régulateur comprenne un certain nombre de boules comme P, mais avec des valeurs différentes de P, r, c', c₁, c₂ ; l'équation précédente devient :

$$(2) \quad \Sigma \left(\frac{P}{g} \omega^2 r m \right) - \Sigma P n - \Sigma Q q = 0,$$

ou bien :

$$\frac{\omega^2}{g} \Sigma P r m - \Sigma P n - \Sigma Q q = 0,$$

d'où l'on tire :

$$(3) \quad \frac{\omega^2}{g} \Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right] = \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q.$$

Cette équation peut s'écrire :

$$(3 \text{ bis}) \quad \omega^2 = g \frac{\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q}{\Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right]}$$

et avec un ressort R agissant dans le sens de Q :

$$\omega^2 = g \frac{\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) Q + R}{\Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right]};$$

la vitesse en nombre de tours est donnée par la relation :

$$n = \omega \times \frac{60}{2\pi}.$$

§ 60. — **Puissance du régulateur.** — On tire de l'équation précédente :

$$Q = \frac{\omega^2}{g} \Sigma \left(P r \frac{m}{q} \right) - \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right).$$

Prenons la différentielle de Q par rapport à ω ; on a $dQ = \frac{2}{g} \omega d\omega \Sigma \left(P r \frac{m}{q} \right)$. Multiplions et divisons par ω , il vient :

$$(4) \quad dQ = \frac{2}{g} \omega^2 \frac{d\omega}{\omega} \Sigma \left(P r \frac{m}{q} \right).$$

Dans le deuxième membre, je puis remplacer la valeur :

$$\frac{\omega^2}{g} \Sigma \left(P r \frac{m}{q} \right),$$

par sa valeur :

$$\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q,$$

comme l'indique l'équation (3) ci-dessus; alors l'équation (4) devient :

$$dQ = 2 \left[\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q \right] \frac{d\omega}{\omega}.$$

Donc :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{dQ}{2 \left[Q + \Sigma P \frac{n}{q} \right]}.$$

Donc cette formule donne la perturbation relative de vitesse $\frac{d\omega}{\omega}$ due à un effort $dQ = F$ évalué au manchon du régulateur; l'équation s'écrit donc :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

un ressort R agissant dans le même sens que Q ,

on aurait :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + R + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

§ 61. — **Théorie des perturbations du deuxième genre.**

— A présent, je vais me baser sur la relation précédente pour donner la théorie générale de la corrélation.

On a toujours, comme au § 17 :

$$(6) \quad y = x \times \frac{75}{2E}.$$

L'équation qui exprime que la demi-force vive axiale du régulateur est arrêtée sur une longueur λc par le frein F devient ici (comme dans les régulateurs de Watt) :

$$(7) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 + \Sigma \left[\frac{P}{2g} \left(\frac{c'}{x} \right)^2 \right] = F \lambda c.$$

On se rappelle que c est la course totale du manchon, c' la course de la boule P correspondante, et x la vitesse maxima du manchon définie au § 18.

Enfin, d'après l'équation (5) ci-dessus, on a :

$$(8) \quad \mu E = \frac{F}{2 \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

On tire donc de (8) la relation :

$$F = 2\mu E \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right].$$

Substituons dans (7) ; il vient :

$$\frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 + \Sigma \left[\frac{P}{2g} \left(\frac{c'}{x} \right)^2 \right] = 2\lambda \mu c E \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right].$$

Cette équation peut s'écrire :

$$\frac{1}{2g} \left(\frac{c}{x} \right)^2 \left\{ Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right] \right\} = 2\lambda \mu c E \left[Q + \Sigma P \left(\frac{n}{q} \right) \right].$$

Divisons par c les deux membres, et chassons le dénominateur ; il vient :

$$c \left\{ Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right] \right\} = 4g\lambda\mu x^2 E \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right].$$

On tire x de cette équation ; il vient :

$$x = \sqrt{\frac{c \left\{ Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right] \right\}}{4g\lambda\mu E \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}}.$$

Reprenons l'équation (6), ou $y = x \times \frac{75}{2E}$.

Remplaçons dans cette équation x par sa valeur ci-dessus, il vient :

$$y = \frac{75}{4\sqrt{g}} \times \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + \Sigma \left[P \frac{n}{q} \right]}}.$$

Telle est la formule très simple qui donne la $\frac{1}{2}$ force vive que doit avoir le volant par cheval, dans le cas d'un régulateur quelconque à axe vertical.

En prenant comme unité le mètre, le kilogramme et la seconde, elle devient :

$$(9) \quad y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{n}{q} \right) \right]}}.$$

Si le manchon, en outre de son poids Q , était muni d'un ressort, on aurait la formule suivante, en désignant par R la compression ou tension moyenne du ressort :

$$(10) \quad y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda\mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + R + \Sigma \left[P \left(\frac{n}{q} \right) \right]}}.$$

Nous avons donc établi la formule de la corrélation pour les perturbations du deuxième genre, ou les plus importantes, et pour les machines Corliss. La même formule s'applique aux régulateurs à valve équilibrée, en multipliant le deuxième membre par \sqrt{L} ; la même formule s'applique à la valve à stabilité variable en multipliant le deuxième membre par :

$$\frac{1 + \sqrt{L}}{2}$$

(L a la même signification que dans la quatrième partie du mémoire).

§ 62. — **Perturbations du premier et du quatrième genres.** — Pour les perturbations du premier et du quatrième genres nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit dans le mémoire, car elles ne dépendent pas du système de régulateur employé ; les formules que j'ai données dans le mémoire sont donc absolument générales.

§ 63. — **Théorie des perturbations du troisième genre.** — La puissance du frein est donnée, comme au § 25, par la formule :

$$(11) \quad F = \frac{(f' + f'') e}{\lambda c};$$

d'autre part, en appliquant la formule de la puissance du régulateur, on a :

$$\mu E = \frac{F}{2 \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

Supposons d'abord que Q ne soit pas nul; posons $\frac{P}{Q} = A$; on a alors :

$$\mu E = \frac{F}{2Q \left[1 + \Sigma \left(A \frac{n}{q} \right) \right]},$$

d'où :

$$(12) \quad Q = \frac{F}{2\mu E \left[1 + \Sigma \left(A \frac{n}{q} \right) \right]} = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda \mu E c \left[1 + \Sigma \left(A \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

Cette équation donne la valeur de Q, chacune des valeurs de A et analogues se choisissant arbitrairement; on connaît donc la puissance du frein par la formule (11) et celle du régulateur par la formule (12). Si Q était nul, on calculerait la puissance du régulateur en calculant le poids P de l'une des boules, et l'on se donnerait arbitrairement le rapport de chacune des autres boules à celle-là.

Avec un ressort on aurait :

$$\mu E = \frac{F}{2 \left[Q + R + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]} = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda c \left[Q + R + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

d'où :

$$Q + R + \Sigma \left(\frac{Pn}{q} \right) = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda \mu E c}.$$

Telle est la formule générale qui donne la puissance du régulateur à adapter à une machine Corliss, pour un régulateur à poids, à surcharge et à ressort.

Dans toutes ces formules, je néglige toujours la force centrifuge des bielles, à côté de celles des boules; cette hypothèse est admissible dans la grande majorité des cas; le seul inconvénient, c'est que, dans la pratique, la vitesse de rotation du régulateur diffère très légèrement de celle qui a été calculée; mais on en est quitte pour modifier un peu la vitesse du régulateur en réglant à la main la surcharge du manchon; c'est une facilité qu'on doit toujours se réserver.

II. — APPLICATIONS.

§ 64. — **Application au régulateur d'Andrade.** — Nous allons voir que les formules générales qui précèdent per-

mettent de faire en quelques instants tous les calculs relatifs à l'établissement du régulateur, des organes de réglage et du volant, pour un régulateur quelconque. Commençons par le régulateur d'Andrade, représenté par le croquis théorique (Pl. X, *fig.* 10).

Reprenons la formule générale 3 *bis* du § 59, où :

$$\omega^2 = \frac{g \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q}{\Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right]}.$$

Cette formule donne, on l'a vu, la vitesse angulaire du régulateur en fonction de la position des bielles et du manchon.

Considérons, comme habituellement un axe des x horizontal passant par le sommet A et un axe des y vertical.

Nous avons vu (§ 59) que :

$$\begin{array}{ll} m = dx, & n = dy \quad (\text{en ce qui concerne le point B}) ; \\ q = dy, & \quad (\text{en ce qui concerne le point M}). \end{array}$$

Or, l'abscisse x du point B $= b \sin \alpha$.

L'ordonnée — y du point B $= - b \cos \alpha$.

On en conclut : $dx = m = b \cos \alpha d\alpha$.

On en conclut : $dy = n = b \sin \alpha d\alpha$.

L'ordonnée — y du point M :

$$= - [a + 2a \cos 2\alpha];$$

donc :

$$dy = q = 4a \sin 2\alpha d\alpha = 8a \sin \alpha \cos \alpha d\alpha.$$

Enfin, $r = b \sin \alpha$.

Remplaçons m , n , q , r , par leurs valeurs dans la for-

mule qui donne ω^2 ; on a :

$$\omega^2 = g \times \frac{2P \frac{b \sin \alpha d\alpha}{8a \sin \alpha \cos \alpha d\alpha} + Q}{2P \times b \sin \alpha \times \frac{b \cos \alpha d\alpha}{8a \sin \alpha \cos \alpha d\alpha}};$$

$$\omega^2 = g \frac{Pb + 4aQ \cos \alpha}{Pb^2 \cos \alpha} = g \frac{b + 4a \frac{Q}{P} \cos \alpha}{b^2 \cos \alpha};$$

$$\omega^2 = g \left[\frac{1}{b \cos \alpha} + \frac{4a}{b^2} \times \frac{Q}{P} \right].$$

Cette formule permet de construire la courbe donnant la vitesse angulaire et la vitesse en nombre de tours par minute, en fonction de l'angle α ; pour chaque valeur de α , la position du manchon est donnée par la relation :

$$AM = a + 2a \cos 2\alpha.$$

On connaît donc la vitesse angulaire en fonction de la position du manchon, avec l'aide de ces formules.

Évaluons maintenant la puissance du régulateur au moyen de la formule du § 60, où :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

On a :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + 2P \frac{b \sin \alpha d\alpha}{8a \sin \alpha \cos \alpha d\alpha} \right]};$$

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + P \frac{b}{4a \cos \alpha} \right]}.$$

Il est facile de voir que cette équation est la même que celle du § 12 de mon mémoire de 1878, auquel nous renvoyons le lecteur pour plus de détails sur les propriétés du régulateur d'Andrade.

Calculons à présent le volant par la formule des pertur-

bations du deuxième genre (§ 61); on a :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + \Sigma \left[P \frac{n}{q} \right]}}.$$

Or :

$$\frac{n}{q} = \frac{b \sin \alpha dx}{8a \sin \alpha \cos \alpha dx} = \frac{b}{8a \cos \alpha},$$

donc :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{Q + \frac{Pb}{4a \cos \alpha}}}.$$

Si nous posons $\frac{P}{Q} = A$, on a :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{1 + 2A \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{1 + \frac{Ab}{4a \cos \alpha}}}.$$

(A se fixe arbitrairement).

Tout est connu dans cette formule, car la course c résulte de la relation établie ci-dessus entre la vitesse et la position du manchon ; c' résulte du tracé graphique du régulateur. Si le régulateur est à valve ou à soupape, y doit être multiplié par le coefficient convenable, comme on l'a vu au § 61.

Pour les perturbations du troisième genre, la formule (12) du § 63 donne :

$$Q = \frac{(f' + f'') c}{2\lambda \mu E c \left(1 + \frac{Ab}{4a \cos \alpha} \right)}$$

(α est ici l'angle moyen correspondant à la position moyenne du manchon).

Enfin, pour les perturbations du premier et du quatrième

genres et pour la marche des calculs, on n'a qu'à procéder comme dans la deuxième partie.

§ 65. — **Application au régulateur de Proëll, etc.** — Voici à présent l'application des formules générales au régulateur bien connu de Proëll (Pl. X, *fig.* 11).

Reprenons la formule (§ 59) :

$$\omega^2 = g \frac{\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q}{\Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right]}.$$

On a ici :

Abscisse de C :

$$\begin{aligned} &= r = d + a \sin \alpha + b \sin (\alpha - \beta), \\ dx = m &= a \cos \alpha d\alpha + b \cos (\alpha - \beta) d\alpha; \end{aligned}$$

Ordonnée de C :

$$\begin{aligned} &= -y = -[a \cos \alpha - b \cos (\alpha - \beta)], \\ dy = n &= +a \sin \alpha d\alpha - b \sin (\alpha - \beta) d\alpha; \end{aligned}$$

Ordonnée de M :

$$\begin{aligned} &= -2a \cos \alpha, \\ dy = q &= 2a \sin \alpha d\alpha. \end{aligned}$$

Substituons dans l'équation ci-dessus ; il vient :

$$\omega^2 = g \frac{2P \frac{a \sin \alpha d\alpha - b \sin (\alpha - \beta) d\alpha}{2a \sin \alpha d\alpha} + Q}{2Pr \frac{a \cos \alpha d\alpha + b \cos (\alpha - \beta) d\alpha}{2a \sin \alpha d\alpha}}.$$

Or, on a :

$$r = d + a \sin \alpha + b \sin (\alpha - \beta).$$

Donc :

$$\omega^2 = g \frac{a \sin \alpha - b \sin (\alpha - \beta) + \frac{Q}{P} a \sin \alpha}{[d + a \sin \alpha + b \sin (\alpha - \beta)] [a \cos \alpha + b \cos (\alpha - \beta)]}.$$

Telle est la formule qui donne la vitesse angulaire du

régulateur en fonction de l'angle variable α (l'angle β est fixe et peut se choisir à volonté).

Évaluons maintenant la puissance du régulateur.

On a :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

Or :

$$\frac{n}{q} = \frac{a \sin \alpha d\alpha - b \sin (\alpha - \beta) d\alpha}{2a \sin \alpha};$$

il vient donc :

$$\begin{aligned} \frac{d\omega}{\omega} &= \frac{F}{2 \left[Q + 2P \frac{a \sin \alpha - b \sin (\alpha - \beta)}{2a \sin \alpha} \right]}, \\ \frac{d\omega}{\omega} &= \frac{F}{2 \left[Q + P \left(1 - \frac{b \sin (\alpha - \beta)}{a \sin \alpha} \right) \right]}. \end{aligned}$$

Calculons à présent le volant par la formule des perturbations du deuxième genre (§ 61), où :

$$y = \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + \Sigma \left[P \frac{n}{q} \right]}}.$$

Le dénominateur du deuxième radical est le même que celui de la formule précédente ; on a donc :

$$y = \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{Q + P \left(1 - \frac{b \sin (\alpha - \beta)}{a \sin \alpha} \right)}}.$$

Si l'on pose $A = \frac{P}{Q}$, on a :

$$y = \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{1 + 2A \left(\frac{c'}{c} \right)^2}{1 + A \left(1 - \frac{b \sin (\alpha - \beta)}{a \sin \alpha} \right)}},$$

le rapport A pouvant se fixer arbitrairement (α est ici l'angle moyen et correspond au milieu de la course du manchon).

Cette formule permet de calculer le volant, puisque tout y est connu; elle est, sans doute, plus compliquée que celle du régulateur de Watt ou de Farcot, mais cependant une application numérique peut être faite très rapidement.

Comme pour le régulateur d'Andrade, on calculera la masse du régulateur pour les perturbations du troisième ordre d'après la formule (13) du § 63, qui devient ici :

$$Q = \frac{(f + f') e}{2\lambda \mu E c \left[1 + A \left(1 - \frac{b \sin(\alpha - \beta)}{a \sin \alpha} \right) \right]}.$$

Pour les perturbations du premier et du quatrième ordres et la marche des calculs, on procédera comme dans la deuxième partie.

Il serait facile d'appliquer ces calculs à bien d'autres régulateurs, comme celui de Buss, le régulateur Cosinus, etc. Je m'arrêterai là cependant, puisqu'il suffira de procéder de la même façon.

Remarquons que nous aurions pu établir toutes les formules précédentes des régulateurs Andrade et Proëll sans passer par les formules générales, en procédant comme dans la première et la deuxième parties de ce mémoire.

Si le régulateur est à valve ou à soupape, la valeur de y ci-dessus doit être multipliée par le coefficient convenable, comme on l'a vu au § 61 et dans la quatrième partie.

§ 66. — **Application aux régulateurs Tangye et analogues.**
— Nous allons finir par une application à un genre de régulateurs à ressort, très usité en Angleterre et qui com-

mence à se généraliser partout, surtout pour les régulateurs à soupape ; je veux parler du régulateur de Tangye et analogues.

La *fig. 9* (Pl. X) représente un croquis théorique qui donne le principe de ces appareils.

Les deux boules P et P' sont fixées au bout de deux courts leviers qui oscillent autour de deux points fixes B et B' ; imaginons que ces deux leviers soient fixés à deux roues dentées pouvant entraîner dans leur mouvement l'axe du régulateur, qui est lui-même muni de dents en conséquence ; puis l'axe est soumis à l'effort de traction d'un ressort à spirale attaché par le haut à un point fixe A ; les trois points A, B, B', sont donc trois points fixes situés dans le même plan vertical que les boules et tournant avec elles autour de l'axe vertical du régulateur. Puis, par dessous, la tige du régulateur agit directement par traction sur une soupape équilibrée située au dessous et non représentée sur la figure.

Dans certains appareils, les roues dentées sont remplacées par des touches ; dans d'autres, par de petits leviers ; mais les mouvements relatifs sont à peu de chose près conformes à mon croquis théorique.

Soient : $a = BC$ la longueur d'une bielle ; b , le rayon de la roue dentée ayant son centre en B, et $2d$, la distance BB' ; soit α l'angle de BC avec la verticale.

Appliquons la théorie générale à ce genre de régulateurs.

Cherchons d'abord la courbe de la vitesse en fonction de l'écartement des leviers.

La formule générale est :

$$\omega^2 = g \frac{\Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) + Q + R}{\Sigma \left[P r \frac{m}{q} \right]}$$

On a ici en P :

$$\begin{cases} x = r = d + a \sin \alpha, \\ dx = m = a \cos \alpha d\alpha, \\ y = -a \cos \alpha, \\ dy = n = a \sin \alpha d\alpha; \end{cases}$$

En Q :

$$\begin{cases} x = 0, & y = C^{\text{te}} - b \times \alpha, \\ dy = q = -b d\alpha. \end{cases}$$

Q représente le poids de la tige et de la soupape équilibrées.

Quant à R, ou tension du ressort, il est négatif, puisqu'il agit en sens contraire de Q; il peut se mettre sous la forme $A + B\alpha$, dans laquelle A est la tension du ressort pour $\alpha = 0$ et $B\alpha$, la tension proportionnelle à l'angle α .

(α est un angle exprimé en longueur d'arc sur une circonférence de rayon égal à l'unité.)

Substituons dans les formules ; il vient :

$$\omega^2 = g \frac{2P \frac{a \sin \alpha d\alpha}{-b d\alpha} + Q - (A + B\alpha)}{2P (d + a \sin \alpha) \frac{a \cos \alpha d\alpha}{-b d\alpha}},$$

$$\omega^2 = g \frac{2P \frac{a}{b} \sin \alpha - Q + A + B\alpha}{2P (d + a \sin \alpha) \frac{a}{b} \cos \alpha}.$$

On a, de plus, comme toujours, $n = \omega \times \frac{60}{2\pi}$.

Calculons à présent la puissance du régulateur; la formule générale est :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{-F}{2 \left[Q + R + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) \right]}.$$

(Il faut ici mettre à F le signe —, car il est en sens contraire de Q .)

Elle donne ici :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{-F}{2 \left[Q - (A + B\alpha) + 2P \left(\frac{a \sin \alpha d\alpha}{-b d\alpha} \right) \right]}$$

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[A + B\alpha - Q + 2P \frac{a}{b} \sin \alpha \right]}.$$

Voici maintenant la formule qui donne le volant, d'après les perturbations du deuxième genre ; reprenons la formule générale :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c'}{c} \right)^2 \right]}{Q + R + \Sigma \left[P \frac{n}{q} \right]}}$$

(ici, $\frac{c'}{c}$ est égal à $\frac{a}{b}$).

Si l'on se reporte à la théorie générale (§ 61), il est facile de voir quand ce cas Q doit être pris avec le signe + au numérateur et avec le signe — au dénominateur ; quant à R , il doit avoir le signe + ; on a donc :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \sqrt{\frac{Q + 2P \left(\frac{a}{b} \right)^2}{A + B\alpha - Q + 2P \frac{a}{b} \sin \alpha}},$$

telle est la formule générale qui donne le volant (α est ici l'angle moyen, pour le milieu de la course du manchon).

Naturellement, il faut multiplier par les coefficients convenables la valeur de y , si le régulateur est à valve ou soupape, comme on l'a vu au § 61.

Pour les perturbations du troisième genre et le calcul de la puissance du régulateur employé avec une machine

Corliss, on a la formule générale :

$$Q + R + \Sigma \left(P \frac{n}{q} \right) = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda\mu Ec},$$

qui devient ici, en tenant compte des signes :

$$Q - R + 2P \frac{a \sin \alpha d\alpha}{- b d\alpha} = \frac{-(f' + f'') e}{2\lambda\mu Ec},$$

et remplaçant R par A + Bx :

$$A + Bx - Q + 2P \frac{a}{b} \sin \alpha = \frac{(f' + f'') e}{2\lambda\mu Ec}$$

(α , angle correspondant au milieu de la course du manchon).

Telle est la formule donnant la puissance du régulateur; on voit qu'il reste possible de fixer arbitrairement plusieurs des éléments.

La plupart des régulateurs de ce genre donnent lieu à des frottements assez notables, mais on les perfectionnera sans doute à ce point de vue; ils ont certainement de l'avenir, non seulement comme régulateurs à soupape, mais aussi pour régler des machines Corliss, comme je l'ai montré.

§ 67. — **Applications diverses au moyen d'un calcul rapide.** — Il existe encore quelques régulateurs d'une forme entièrement compacte et telle que le poids des leviers ne soit pas très petit en fonction des boules. Dans ce cas, les calculs, tout en étant assez approchés, ne sont plus absolument exacts.

Il est facile de leur appliquer les formules générales, lorsqu'on a sous la main un de ces régulateurs pour lequel on peut faire une petite expérience (dans tout ce qui précède on a vu que les calculs sont basés sur la théorie pure).

L'expérience consiste à trouver expérimentalement la loi des valeurs de la vitesse de rotation, en fonction des déplacements du manchon; il est facile de s'en rendre compte en faisant tourner le régulateur *absolument libre* et en notant les positions du manchon pour chaque valeur de la vitesse en nombre de tours par minute. Cela posé, voici comment on peut calculer la puissance du régulateur et le volant au moyen des formules générales :

Considérons (*fig.* 12, Pl. X) une des boules P et le manchon Q du régulateur. Soient : c , la course totale utilisée du manchon du régulateur; c' , l'arc de courbe décrit par la boule pendant cette course totale, le régulateur étant supposé au repos; soient : $BC_2 = c_2$, la projection horizontale de cet arc; et $BC_1 = c_1$, sa projection verticale. On peut remplacer le rapport $\frac{m}{q}$ des formules générales par le

rapport $\frac{c_2}{c}$, et le rapport $\frac{n}{q}$ par $\frac{c_1}{c}$.

De cette façon, la formule de la puissance du régulateur devient :

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{F}{2 \left[Q + R + \Sigma \left(\frac{c_1}{c} \right) \right]}.$$

La formule donnant la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval (perturbations du deuxième genre) devient :

$$y = 6 \sqrt{\frac{c}{\lambda_2 E^3}} \sqrt{\frac{Q + \Sigma \left[P \left(\frac{c}{c} \right)^2 \right]}{Q + R + \Sigma \left[P \left(\frac{c_1}{c} \right) \right]}}.$$

les valeurs de c , c' , c_1 , sont connues d'après l'expérience précitée et d'après le tracé graphique du régulateur. Les autres calculs se conduisent comme ci-dessus. En résumé, on voit que ma théorie générale s'applique aisément à

tous les genres de régulateurs de vitesse à force centrifuge à action directe et à axe vertical; d'autre part, j'ai étudié les régulateurs à axe horizontal et à ressorts, de sorte que mes formules ont un caractère absolument général.

III. — CHOIX DU RÉGULATEUR SUIVANT LES CAS.

§ 68. — **Cas des machines à vitesse modérée et à cylindre unique.** — Nous avons vu, § 35, quel est l'écart relatif de vitesse qu'il faut adopter, pour le régulateur, suivant les cas. Mais il me reste à exposer les considérations qui doivent guider pour choisir le régulateur. Je répéterai ici ce que je disais dès 1878: c'est que dans tous les cas on peut employer un régulateur quelconque et avoir quand même une excellente régularisation; mais cependant il peut y avoir quelques avantages secondaires à choisir un régulateur déterminé dans chaque cas, et c'est ce que je me propose d'examiner à présent.

Supposons qu'il s'agisse d'une machine à vitesse modérée et à cylindre unique. Dans ce cas, on adoptera de préférence le système de régulateur agissant directement sur la distribution au moyen d'un déclic, pour ne pas être obligé d'adopter un volant trop fort et pour les autres motifs connus. L'exemple numérique du § 36 nous a donné les résultats suivants, pour la valeur de la $\frac{1}{2}$ force vive du volant par cheval, quand on veut avoir une très grande régularité :

- 338 kilogrammètres, eu égard aux perturbations du premier genre ;
- 448 kilogrammètres, eu égard aux perturbations du deuxième genre ;
- 326 kilogrammètres, eu égard aux perturbations du quatrième genre.

Comme on l'a vu, c'est le plus fort de ces trois chiffres qu'on est obligé d'adopter pour le volant. En employant les régulateurs à ressorts, on peut diminuer autant qu'on le veut le chiffre 448 ; dans ce cas, les perturbations du deuxième genre disparaissent à côté des deux autres ; l'emploi des régulateurs à ressorts permet de gagner, dans ce cas, environ un quart sur le poids du volant. Il est incontestable, cependant, que les régulateurs à ressorts sont d'une construction et d'un montage beaucoup plus difficiles que les régulateurs à poids, surtout pour les régulateurs d'une grande précision, où il faut avant tout éviter les frottements. Il en résulte que, dans ce cas, il sera plus avantageux de renoncer à l'économie d'un quart sur le volant pour employer un régulateur sans ressort.

Cela posé, quel régulateur va-t-on choisir ? Les formules et les exemples numériques que j'ai donnés montrent tout d'abord que le régulateur de Watt sans surcharge du manchon doit être écarté ; de plus, les grandes machines exigent des régulateurs puissants à lourde surcharge de manchon ; cela conduit à adopter d'assez grandes dimensions pour le régulateur ; les dimensions étant grandes, il ne faut pas avoir recours à un régulateur se rapprochant de l'isochronisme, comme les régulateurs de Farcot, ou d'Andrade, etc., car ils obligeraient à l'emploi d'une course du manchon trop grande ; il en résulterait que la courbe des variations de la vitesse du régulateur en fonction des déplacements du manchon s'éloignerait trop d'une ligne droite. On aura donc recours, pour les machines de dimensions moyennes, au régulateur de Porter à point de suspension unique et, pour les très grandes machines, au régulateur de Porter à points de suspension séparés.

On voit donc que les conclusions de cette étude sont absolument conformes aux usages que la pratique a enseignés aux constructeurs.

Si la machine est de faible puissance, alors on emploie

un régulateur de Farcot, ou tout autre du même genre, pour éviter de trop grandes dimensions du régulateur.

Je le répète, il est absolument inutile, dans ce cas, de s'ingénier à découvrir de nouvelles formes de régulateurs ou de s'obliger à payer des droits de brevet, puisque les régulateurs ordinaires sont complètement satisfaisants.

Si l'on désirait avoir une régularité tout à fait exceptionnelle, sans employer un gros volant, on aurait grand avantage à employer un régulateur à ressort.

§ 69. — **Cas de machines à vitesse modérée ou d'un ou plusieurs cylindres ordinaires ou compound.** — Quand la machine est très puissante, il est tout indiqué d'employer un volant relativement modéré; pour cela, le mieux est d'employer deux cylindres ordinaires ou compound pour diminuer les perturbations des premier et quatrième genres.

Dans ce cas, on emploie généralement un régulateur agissant sur la distribution, bien qu'on puisse cependant employer un régulateur à valve; la machine étant à deux cylindres, les chiffres ci-dessus de 338 et de 326 kilogrammètres, relatifs aux perturbations du premier et du quatrième genres, seraient de beaucoup diminués; on peut s'en assurer en faisant des applications numériques. Au contraire, rien n'est changé au chiffre de 448 kilogrammètres relatif aux perturbations du deuxième genre. On voit donc que, dans ce cas, on peut gagner la moitié sur le poids du volant et même souvent plus, en supprimant l'influence des perturbations du deuxième genre. Dans ce cas, l'emploi du régulateur à ressort de la Pl. VII, *fig. 9*, peut offrir de grands avantages. Je l'ai proposé dans mon mémoire de 1887, comme on l'a vu. Il est possible qu'on imagine d'autres dispositions, jouissant des mêmes avantages, comme l'emploi d'un ressort avec les régulateurs de Proëll, etc. Mais celui que j'indique peut suffire à tous les besoins.

On peut me faire observer qu'il existe de nombreuses machines à deux cylindres, qui sont bien réglées avec des régulateurs à poids sans ressort ; c'est vrai, à condition que le volant soit assez fort ; s'il ne l'est pas, ce qui arrive souvent, ces machines sont sujettes aux oscillations des régulateurs, dans certaines circonstances, ce qui est déplorable. Or, je le répète, dans tous mes travaux, je me préoccupe toujours, avant tout, de rendre ces oscillations impossibles dans tous les cas.

Je rappelle encore à ce sujet qu'il ne faut pas tenir compte seulement du volant de la machine : si la force vive des poulies de transmission est notable, elle peut suppléer à l'insuffisance du volant de la machine.

Si l'on a recours à l'emploi du régulateur de la *fig. 9* (Pl. VII), il sera commode de le disposer comme on l'a vu, pour permettre de régler à la main, dans certaines limites, la vitesse de régime et l'écart relatif de vitesse.

Si l'on ne craint pas l'emploi d'un gros volant, ou bien si l'on peut se contenter d'une régularité médiocre, alors il est inutile d'avoir recours au régulateur à ressort ; dans ce cas, les régulateurs de Porter à forte surcharge du manchon conviennent parfaitement.

§ 70. — **Cas des machines à grande vitesse.** — Pour les machines à grande vitesse, à un ou plusieurs cylindres, l'emploi des distributions à déclic n'est pas justifié. Le mieux est d'employer une distribution fixe et un régulateur à valve ou à soupape. Dans ce cas, à cause de la vitesse même, les perturbations du premier et du quatrième genres n'exigent qu'un très petit volant ; il faut donc, dans ce cas, employer un régulateur à ressort à axe vertical ou, mieux encore, un régulateur dans le volant, afin de diminuer le plus possible la perturbation du deuxième genre ; le calcul montre, dans ce cas, que le

volant peut se réduire à un poids extrêmement faible. Cette solution permet d'établir des machines à très bon marché, avec de petits cylindres et un volant très faible, et cependant très bien réglées.

On peut aussi employer un régulateur dans le volant agissant directement sur la distribution en modifiant le calage de l'excentrique ; il y a des machines modernes basées sur ce principe ; leurs tiroirs sont équilibrés ; les meilleures sont celles où le mouvement du régulateur au tiroir n'est pas réversible. Ce serait une erreur de croire que les machines à grande vitesse ne sont pas économiques, au point de vue de la consommation de combustible : en effet, si ces machines augmentent un peu les pertes de charge de la vapeur au passage des étranglements, elles ont, par contre, l'avantage de diminuer notablement les condensations à l'admission, ce qui est très important. On peut, du reste, la combiner avec l'emploi de chaudières à haute pression et de la condensation, ce qui permet d'obtenir, en fin de compte, une marche très économique.

En résumé, dans ce cas, il est vraiment dommage d'employer un régulateur à poids ; il vaut bien mieux employer un régulateur à ressort et à axe vertical, ou un régulateur à ressort dans le volant, systèmes que j'ai étudiés longuement ci-dessus.

Les régulateurs de Tangye et analogues, bien étudiés, peuvent rendre de grands services dans ce cas.

En ce qui concerne l'organe de réglage, je conseille une valve à *stabilité variable* dans la majorité des cas, et *ma soupape à stabilité variable* pour les petites machines, ou le réglage de la distribution comme ci-dessus.

Le lecteur se reportera à la quatrième partie pour l'étude du principe de ces appareils et à mon mémoire de 1887 pour y trouver tous les détails de construction de ces appareils, ainsi que des dessins à l'échelle permettant de fixer toutes leurs dimensions.

§ 71. — **Cas des machines où la régularité moyenne est seule nécessaire.** — Enfin, il arrive souvent que l'on demande à la machine une très grande régularité comptée non pas par seconde, mais par minute par exemple; dans ce cas, c'est une régularité moyenne très grande qu'on demande, et non la régularité instantanée; c'est le cas des ateliers d'ajustage et des éclairages électriques à incandescence.

Dans ce cas, on peut employer un volant très faible en ayant recours au régulateur Denis, dont nous avons parlé § 57. Cet appareil figurait déjà à l'exposition de 1878; il est trop connu pour qu'il me soit utile d'en donner la description.

Il faut dire cependant que, dans ce cas, le régulateur dans le volant peut rendre à peu près les mêmes services que le régulateur Denis, car il n'exige aussi qu'un volant très faible, quoique moins faible cependant que le régulateur Denis. Les deux systèmes peuvent, d'ailleurs, se combiner et permettre l'emploi d'un volant extrêmement faible avec une régularité moyenne, cependant très grande, comme l'ont fait MM. Weyher et Richmond. On n'a donc, dans ce cas, que l'embarras du choix entre les systèmes pour obtenir une très bonne régularisation avec un volant faible.

On comprend maintenant à quel point est vicieuse la méthode habituelle, qui consiste à commencer par choisir un régulateur voisin de l'isochronisme, puis à calculer le volant pour les perturbations du premier genre seulement et à s'imaginer qu'on évitera les oscillations en réglant à la main le frein à huile.

APPENDICE.

RÉGULATEURS DE TOUTES SORTES.

Tout ce qui précède concerne les régulateurs de vitesse des machines à vapeur ; mais la théorie s'applique aussi bien aux régulateurs des moteurs à air comprimé et des moteurs à gaz.

Pour les moteurs hydrauliques, j'ai montré, dans mon mémoire de 1878, quelle était la difficulté de la question, à cause des oscillations résultant de l'action indirecte du régulateur.

M. Léauté a fait sur ces appareils une remarquable étude (*Journal de l'École Polytechnique*, 55^e cahier, 1885), étude à laquelle nous prions le lecteur de se reporter, s'il désire étudier à fond la question des oscillations de ces régulateurs.

Dans mon mémoire de 1887, j'ai proposé l'emploi d'un servo-moteur, pour permettre au régulateur d'avoir une action directe ou *simili-directe* sur la vanne ; de cette façon, le régulateur n'a à vaincre que la résistance du tiroir du servo-moteur, et il peut fonctionner aussi bien que les régulateurs à action directe des machines à vapeur.

L'emploi d'un servo-moteur à vapeur ou à air comprimé serait encore plus commode dans ce cas. Mais il faut bien remarquer qu'il s'agit ici d'un véritable servo-moteur, c'est-à-dire que les déplacements du gros piston du servo-moteur doivent suivre exactement et proportionnellement, sans aucun retard, les déplacements du tiroir du servo-moteur ou ceux du manchon du régulateur.

En outre, il faut que le volant constitué par l'ensemble des pièces en mouvement dans l'usine soit en rapport avec l'écart relatif de vitesse du régulateur d'après

les formules de la théorie qui précède, particulièrement celles de la quatrième partie.

Si l'on n'employait pas le servo-moteur, je recommanderais le système de M. Boudillat, signalé dans mon mémoire de 1887, et qui a les avantages de l'action directe du régulateur.

Dans mon mémoire de 1878, j'ai étudié longuement les régulateurs de pression, de température, etc. ; j'ai montré qu'ils devraient être établis d'après des principes absolument analogues à ceux qui devaient servir pour la construction des régulateurs de vitesse.

Plus tard, je publiai un mémoire intitulé : *Les Régulations dans les Distributions d'Électricité* (*Annales des Mines*, 8^e série, t. XIII, 1888). Dans ce mémoire, j'ai étudié les divers régulateurs de force électromotrice et d'intensité électrique, puis les régulateurs de vitesse des moteurs électriques, les régulateurs des lampes à arc, etc. Le lecteur pourra se reporter à ce travail ; il trouvera de nombreuses analogies entre ces appareils et les régulateurs de vitesse des machines à vapeur.

Enfin, dans mon mémoire de mai 1895, spécialement rédigé pour l'Académie des Sciences, j'ai étudié brièvement les régulateurs de pression pour établir, dans ces appareils, la formule de la corrélation entre le régulateur de pression, la valve ou organe de réglage et le volant de pression. Je suis arrivé à la formule suivante, qui est de la même forme que les formules ci-dessus des perturbations du deuxième genre.

Le volant de pression, ou volume du réservoir de pression, est donné par la formule :

$$V = \frac{v}{2g} \sqrt{\frac{c}{\lambda \mu E^3}} \times \sqrt{\frac{1}{1 + A}}.$$

Dans cette formule, c est la course du piston ; E , l'écart relatif de pression du régulateur ; λ et μ , deux constantes

ayant la même signification que pour les régulateurs de vitesse ; v est le débit maximum du fluide, en volume par seconde par l'orifice de sortie ; enfin, A est le rapport de la puissance du ressort au poids du piston du régulateur de pression. On voit donc que V est d'autant plus petit que A est plus grand.

En réalité, ma formule de la corrélation est absolument générale, pourvu que le régulateur soit à action directe et que son action soit assez rapide.

Je me réserve d'étudier un jour plus en détail les régulateurs de pression, de température, certains régulateurs électriques, etc., d'après tous les principes qui précèdent ; il n'y aura là qu'une application pure et simple des théories exposées dans le présent mémoire.

En résumé, les théories nouvelles que j'ai exposées contiennent tous les principes qui doivent guider les ingénieurs dans la construction des appareils automatiques de toute nature ; ils diffèrent notablement de ceux qui servaient de base jusqu'à présent à l'étude des régulateurs, des organes de réglage et du volant. J'espère que l'emploi de mes méthodes est appelé à rendre service dans l'industrie des machines.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION	391
DÉFINITIONS ET PRÉLIMINAIRES	395

PREMIÈRE PARTIE.

Étude des appareils régulateurs de vitesse à force centrifuge.

I. — § 1. — <i>Principes généraux</i>	398
II. — <i>Régulateurs de vitesse à boules et à poids</i>	400
§ 2. — <i>Régulateurs de Watt et de Porter</i>	400
§ 3. — <i>Régulateurs de Farcot</i>	405
§ 4. — <i>Régulateurs de Watt et de Porter à points de suspension séparés</i>	408
§ 5. — <i>Régulateurs divers à boules et à poids</i>	409
III. — <i>Régulateurs de vitesse à boules, à poids et à ressorts</i>	409
§ 6. — <i>Calcul de ces appareils</i>	409
§ 7. — <i>Régulateur à bielles croisées, à poids et à ressort</i>	410
§ 8. — <i>Régulateur de Foucault</i>	412
§ 9. — <i>Régulateurs à ressorts dans le volant</i>	412

DEUXIÈME PARTIE.

Calcul du régulateur, des organes de réglage et du volant dans les machines où le régulateur agit directement sur la distribution au moyen d'un déclit.

I. — <i>Théorie des régulateurs à maximum et à minimum</i>	421
§ 10. — <i>Cas d'une machine idéale</i>	421
§ 11. — <i>Réalisation pratique des hypothèses précédentes</i>	424
II. — <i>Théorie des perturbations du premier genre de la position du manchon du régulateur</i>	427
§ 12. — <i>Théorie de ces perturbations</i>	427

	Page.
§ 13. — Applications	430
§ 14. — Remarques	435
III. — <i>Théorie des perturbations du deuxième genre de la position du manchon du régulateur</i>	436
§ 15. — Définition des perturbations du deuxième genre ..	436
§ 16. — Evaluation de la vitesse maxima du manchon du régulateur	437
§ 17. — Principe de la théorie des perturbations du deuxième genre	444
§ 18. — Cas du régulateur de Porter.....	447
§ 19. — Cas des régulateurs de Watt et de Farcot	453
§ 20. — Discussion de la formule de la corrélation.....	456
§ 21. — Cas des régulateurs à boules, à poids et à ressorts et du régulateur dans le volant.....	462
IV. — <i>Théorie des perturbations du troisième genre de la position du manchon du régulateur</i>	466
§ 22. — Définitions des perturbations du troisième genre..	466
§ 23. — Action des frottements du régulateur.....	466
§ 24. — Réaction de l'organe de déclié sur le manchon du régulateur.	468
§ 25. — Cas des régulateurs de Porter et analogues... ..	470
§ 26. — Cas des régulateurs de Watt et de Farcot.....	471
§ 27. — Cas des régulateurs quelconques à boules et à poids.....	472
§ 28. — Cas des régulateurs à boules, à poids, à ressorts et du régulateur dans le volant.....	472
— <i>Théorie des perturbations du quatrième genre de la position du manchon du régulateur</i>	473
§ 29. — Définition des perturbations du quatrième genre..	473
§ 30. — Cas d'une machine à cylindre unique.....	474
§ 31. — Cas d'une machine à deux cylindres ordinaires...	479
§ 32. — Cas d'une machine compound.....	479
. — <i>Résistance à la rupture du volant</i>	480
§ 33. — Calcul de la jante au point de vue de la résistance.	480
§ 34. — Calcul des rayons au point de vue de la résistance.....	481
I. — <i>Résumé des calculs et applications pratiques</i>	482
§ 35. — Choix de l'écart relatif de vitesse du régulateur suivant la nature de l'atelier.....	483
§ 36. — Marche des calculs et applications pratiques avec régulateurs à boules, avec ou sans surcharge du manchon	483
§ 37. — Marche des calculs avec régulateurs à ressorts ..	493

TROISIÈME PARTIE.

Calcul du régulateur, des organes de réglage et du volant dans les machines où le régulateur agit directement sur la distribution autrement que par un déclic.

	Pages.
I. — § 38. — <i>Nature de la distribution de ces machines.....</i>	497
II. — § 39. — <i>Calcul du volant et du régulateur.....</i>	499

QUATRIÈME PARTIE.

Calcul du régulateur, des organes de réglage et du volant dans les machines où le régulateur agit directement sur une valve ou soupape.

I. — <i>Avantages et inconvénients des valves ou soupapes ordinaires.....</i>	499
§ 40. — <i>Avantages et inconvénients au point de vue des qualités générales de la machine à vapeur</i>	499
§ 41. — <i>Avantages et inconvénients au point de vue de la régularité et de la vitesse.....</i>	500
II. — <i>Théorie de la corrélation entre le régulateur, la valve ou soupape équilibrée et le volant ; calcul de ces organes.</i>	503
§ 42. — <i>Variation de la force motrice de la machine en fonction du déplacement du manchon du régulateur</i>	503
§ 43. — <i>Théorie nouvelle de la corrélation</i>	507
§ 44. — <i>Influence de la grandeur de la valve ou soupape sur le poids à donner au volant.....</i>	514
§ 45. — <i>Marche des calculs avec régulateurs à boules avec ou sans surcharge du manchon.....</i>	516
§ 46. — <i>Marche des calculs avec régulateurs à boules et à ressorts.....</i>	517
III. — <i>Valves et soupapes à stabilité variable.....</i>	519
§ 47. — <i>Compensation des valves par un système de leviers.</i>	519
§ 48. — <i>Compensation des vannes par des orifices en pointes.</i>	519
§ 49. — <i>Valve à stabilité variable.....</i>	519
§ 50. — <i>Soupape à stabilité variable</i>	521
IV. — <i>Calcul du régulateur de la valve ou soupape à stabilité variable et du volant.....</i>	522
§ 51. — <i>Etude de la corrélation.....</i>	522

	Pages.
§ 52. — Marche des calculs avec régulateurs à boules et à poids, avec ou sans surcharge du manchon.....	527
§ 53. — Marche des calculs avec régulateurs à boules et à ressorts	532
V. — § 54. — <i>Remarques et dispositions pratiques des valves et des leviers</i>	533

CINQUIÈME PARTIE.

Régulateur agissant indirectement sur la distribution.

I. — § 55. — <i>Ancien régulateur à embrayages</i>	534
II. — § 56. — <i>Nouveaux systèmes de régulateurs à action indirecte</i>	535

SIXIÈME PARTIE.

Régulateurs de systèmes divers.

I. — § 57. — <i>Régulateur Denis pour machines à vapeur</i>	536
II. — § 58. — <i>Régulateurs pour machines à vapeur non basés sur la force centrifuge</i>	536

SEPTIÈME PARTIE.

Formules générales et applications.

I. — <i>Formules générales du régulateur d'un système quelconque, des organes de réglage et du volant, le régulateur étant à force centrifuge et à action directe</i>	537
§ 59. — <i>Courbe de la vitesse en fonction de la position du manchon du régulateur</i>	537
§ 60. — <i>Puissance du régulateur</i>	540
§ 61. — <i>Théorie des perturbations du deuxième genre</i>	541
§ 62. — <i>Perturbations du premier et du quatrième genre</i> ..	543
§ 63. — <i>Théorie des perturbations du troisième genre</i>	543
II. — <i>Applications</i>	544
§ 64. — <i>Application au régulateur d'Andrade</i>	544
§ 65. — <i>Application au régulateur de Proell, etc</i>	548

ORGANES DE RÉGLAGE ET VOLANTS DES MACHINES 569

	Pages.
§ 66. — Application au régulateur Tangye et analogues...	550
§ 67. — Applications diverses au moyen d'un calcul rapide.	554
III. — <i>Choix du régulateur suivant les cas</i>	556
§ 68. — Cas des machines à vitesse modérée et à cylindre unique	556
§ 69. — Cas des machines à vitesse modérée et à deux ou plusieurs cylindres ordinaires ou compound ...	558
§ 70. — Cas des machines à grande vitesse	559
§ 71. — Cas des machines où la régularité moyenne est seule nécessaire	561

APPENDICE.

Régulateurs de toutes sortes.....	562
-----------------------------------	-----

BULLETIN

LA COLLECTION DES GITES MINÉRAUX ET MÉTALLIFÈRES A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES

Par M. L. DE LAUNAY,

Ingénieur des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

La collection des gîtes minéraux et métallifères de l'École des Mines est d'une organisation si récente et si peu connue des ingénieurs auxquels elle s'adresse qu'il nous paraît utile, à l'occasion de son ouverture récente au public, d'en indiquer le caractère et l'intérêt pratique autant que théorique. Son catalogue, que nous donnons ici, permettra, en outre, à tous ceux qui s'occupent à un titre quelconque des substances minérales de pouvoir rapidement et sans vaines recherches, mettre à profit les richesses qu'elle renferme ; nous espérons qu'ils voudront bien, à cette occasion, nous aider à combler les lacunes qui peuvent encore s'y rencontrer.

Dans sa notice historique sur l'École des Mines (*) M. Aguilhon a rappelé comment la première idée d'une collection de ce genre remonte à Le Play, qui, de 1840 à 1853, constitua un *musée de l'industrie minérale* de plus de 22.000 échantillons. « Ce musée formait, dit-il, des suites naturelles partant des matières premières, combustibles et minerais, ou mieux, pour ceux-ci, des gîtes métallifères pour arriver aux produits finis, en suivant la transformation des matières successives élaborées et des produits intermédiaires... Le classement était fait systématiquement à un double point de vue : d'une part, au point de vue métallurgique ou minéralogique par nature de produit final (fer, plomb, etc...); et, d'autre part, au point de vue statistique, par district métallurgique ou minéralurgique. »

(*) *Annales des Mines*, mai-juin 1889, p. 152 et 243.

Il était presque impossible de tenir au courant une collection dont le principe était aussi vaste ; aussi y renonça-t-on assez vite pour se borner à une collection dite des gîtes minéraux (*), conçue à un point de vue simplement géologique. L'idée, reprise sous cette forme nouvelle par de Chancourtois, reçut sa réalisation par les soins d'Ed. Fuchs, qui, pendant les neuf années où il professa à l'École des Mines le cours de géologie appliquée, de 1879 à 1889, s'occupa très activement de recueillir les échantillons destinés à faire connaître méthodiquement les principaux gîtes minéraux de tous les pays.

Depuis sa mort subite en 1889, nous avons continué son œuvre avec l'actif concours de notre distingué préparateur, M. Durassier, qui a bien voulu dresser le catalogue ci-joint ; les matériaux en étaient déjà très nombreux ; nous avons été assez heureux, grâce à la générosité de tous les industriels et exploitants de mines auxquels nous avons fait appel, grâce à nos propres voyages à l'étranger, pour pouvoir les accroître encore et les classer entièrement sous une forme systématique.

Ce classement, le premier catalogue ci-joint le fera suffisamment connaître sans autre explication. Il correspond exactement à celui que nous avons adopté dans notre *Traité des Gîtes minéraux et métallifères*, c'est-à-dire que les gisements sont rangés suivant l'ordre de la chimie, d'après le métalloïde ou le métal dominant dans chaque gîte.

Les échantillons sont répartis dans cinq salles, A, B, C, D, E, et, dans chacune, ils occupent un certain nombre de vitrines murales et de tables d'embrasure numérotées en chiffres romains (par exemple A-IX à A-XII, vitrines du phosphore ; D-t. III, table d'embrasure du bismuth), plus des vitrines centrales et des trophées placés devant les fenêtres.

A l'entrée de chaque salle, une pancarte suspendue indique les principales collections qui y sont renfermées avec leur place. Chaque vitrine porte, en haut, le nom du métal ou métalloïde qui y figure et, à chaque tablette, on voit, inscrite sur le verre même, la subdivision correspondante (telles que graphite, jais, bitume, asphalte, etc..., quand il s'agit du carbone). Ayant ainsi reconnu

(*) Les échantillons de Le Play avaient, en outre, l'inconvénient pratique d'être beaucoup trop petits. Comme ils ne peuvent plus présenter qu'un intérêt historique, nous avons dû, faute de place dans nos salles, les faire rassembler dans une série de caisses, soigneusement numérotées et cataloguées, où on les retrouvera à l'occasion.

approximativement la place du gisement que l'on cherche, on n'a plus qu'à lire quelques-uns des étendards disposés en tête de chaque série d'échantillons pour trouver ce gisement lui-même.

A ce premier catalogue par ordre de classement, nous en joignons deux autres, l'un par pays, l'autre par ordre alphabétique des noms de gisements, de telle façon que cette sorte de table à triple entrée permet : 1° d'étudier ensemble et de comparer les divers gîtes d'une substance donnée existant dans le monde; 2° de savoir quelles substances minérales on rencontre dans un pays donné; et 3° de découvrir immédiatement un gisement donné, quand même on en saurait simplement le nom, ignorant et la substance qu'on y exploite et le pays où il se rencontre.

Nous ajouterons encore que, comme complément à cette collection, nous avons commencé à organiser, indépendamment de la Bibliothèque générale de l'École des Mines, une bibliothèque spéciale des gîtes minéraux, où nous essayons de recueillir et de classer toutes les monographies, les plans et les cartes qui les concernent.

CATALOGUE DE LA COLLECTION

NOMENCLATURE

PAR

ORDRE DE CLASSEMENT

ENTRÉE

Généralités

TABLE D'EMBRASURE

Formes diverses des gîtes : Inclusions — Filons ; — Sédiments.

TABLE CENTRALE

Dépôts de sources thermales.

Quartz des différents âges.

VITRINES MURALES

Travaux synthétiques de M. A.-B. de Chancourtois.

Vis tellurique.

Salle A

VITRINES MURALES

A-I. — Eaux minérales

A-II. — Soufre

1° Solfatares

Lac Bolzano (Pr. de Rome).	N° 1535
Palerme (Env. de) (Sicile).	N° 1731
Bagnères-de-Luchon (H ^{tes} -Pyrénées).	N° 1810
Saint-Béat (H ^{te} -Garonne).	N° 1333
Naples (Italie).	N° 1542

2° Solfares

Pampinello (Env. Palerme).	N° 1741
Villarosa (Pr. de Palerme).	N° 1782
San Cataldo (Pr. Palerme).	N° 1783
Swordrowitz (Galicie).	N° 1784

Saint-Martin de Renacas (Basses-Alpes).	N° 1334
Les Tapets (Vaucluse).	N° 1335
Saignon (Vaucluse).	N° 1336
Naples (Italie).	N° 1542
Tana (Nouvelles-Hébrides).	N° 1239

A-III. — Soufre. — Fluor. — Bore. — Carbone

1° Pyrites de fer

Mayet-en-Montagne (Allier).	N° 1533
Saint-Bel (Rhône).	N° 1324

2° Fluor

Zacatecas (Mexique).	N° 1303
Derbyshire (Gr.-Bretagne).	N° 1302
Nottinghamshire (Grande-Bretagne).	N° 1301
Gar-Rouban (Oran).	N° 1811

Grande-Vernissière (Gard). N° 1813
 Urson (Puy-de-Dôme). N° 1814
 Marsanges (Haute-Loire). N° 1514
 Langeac (Haute-Loire). N° 1689

3° Bore

Chili. N° 1042
 Columbus (Californie). N° 1815
 San-Francisco (Californie). N° 1037
 Azizié (Asie-Mineure). N° 1038

4° Sables diamantifères

Diamantina (Minas Geraes). N° 1671
 Bahia (Brésil). N° 1672

A-IV. — Carbone**1° Sables diamantifères**

Salobro (Brésil). N° 1816

2°, 3°, 4° Diamants dans les roches

Jagers et Coffee-Fontein
 (Etat libre d'Orange). N° 1714
 Kimberley (Le Cap). N° 1662

A-V. — Carbone**1° Graphite**

Krummau (Bohême). N° 1778
 Yen-Bai (Tonkin). N° 1332
 Sonoma County (Californie). N° 1640
 Tuolumne County (Calif.). N° 1817
 Raleigh (Caroline-du-Nord). N° 1818
 Amenak (Groenland). N° 1423
 Rifkoh (Groenland). N° 1550
 Julianshaab (Groenland). N° 1552

2° Jayet

Cabo Mendezo (Portugal). N° 1819
 Suderœ (Iles Ferœ). N° 1551

3° Lignite

Elnbogen (Autriche). N° 1821

4° Pétrole

Solontza (Roumanie). N° 1913
 Boryslaw (Galicie). N° 1790
 Bacou (Caucase). N° 1000

5° Ozocérîte

Boryslaw (Galicie). N° 1791
 (Italie). N° 1555

6° Ambre

Samland (Prusse). N° 1792

A-VI. — Carbone**1° Bitume**

Kampina (Roumanie). N° 1612
 Bois d'Asson (B^{as}-Alpes). N° 1516
 Lac-de-la-Braie (Trinidad). N° 1663
 Aïn-zeft-Dahra (Oran). N° 1822
 Pont-du-Château (Puy-de-Dôme). N° 1823
 Buena-Vista (Californie). N° 1824
 Sandstone (Californie). N° 1825
 Sandstone (Californie). N° 1826

2° Cannel Coal

Albert-mine (New-Brunswick). N° 1820

3° Boghead

Bathvale (Ecosse). N° 1831
 Makarka (Iowa). N° 1832

A-VII. — Carbone**1° Asphalte**

Seyssel (Ain). N° 1788
 Letto Manopello (Abruzzes). N° 1725
 Val Romano (Abruzzes). N° 1789
 Mer Morte (Palestine). N° 1827
 Porentruy (Neuchatel). N° 1828

2° Schistes bitumineux

Autun (Saône-et-Loire). N° 1727
 Buxière-la-Grue (Allier). N° 1829
 Menat (Puy-de-Dôme). N° 1830
 Abou-Abla (Syrie). N° 1343

3° Résines

Kaori (G^{ru} de) (Nouvelle-Calédonie). N° 1794

A-VIII. — Silicium**1° Quartz**

Aanderud (Norwège). N° 1802
 Djebel-Khanil (Tunisie). N° 1836
 Puebla (Mexique). N° 1835
 Zacatecas (Mexique). N° 1834

2° Bois silicifié

Tunisie. N° 1833

3° Tripoli		15° Talc	
Menat (Puy-de-Dôme).	N° 1840	La Garde (Isère).	N° 1522
Marsanne (Drôme).	N° 1872	La Voute-Chilhac (H ^{te} -Loire).	N° 1685
4° Opale		<hr/>	
Mexique.	N° 1286	A-IX. — Phosphore	
5° Feldspaths		1°, 2°, 3°, 4° Apatites	
Aanderud (Norwège).	N° 1801	Oddegarden (Norwège).	N° 1744
Linnestad-Rawkestad (Norwège).	N° 1837	Kragerø (Norwège).	N° 1508
Odiby-Isek (Norwège).	N° 1838	Buckingham (Canada).	N° 1851
Cekmeda-Spelbe (Norwège).	N° 1839	Samerade (Orel) (Russie).	N° 1852
Linnestad-Gasitesstad (Norwège).	N° 1287	<hr/>	
6° Obsidienne		A-X. — Phosphore	
Zinaparo (Mexique).	N° 1841	1°, 2°, 3°, 4° Phosphorites	
Puebla (Mexique).	N° 1842	Logrosan (Espagne).	N° 1597
Posevavats (Serbie).	N° 1337	Cacerès (Espagne).	N° 1678
7° Ponce		Castillo de Belmez (Espagne).	N° 1676
8° Meulière		Penafior (Espagne).	N° 1609
Grèce.	N° 1288	Quercy (Lot et Tarn-et-Garonne).	N° 1854
9° Mica		<hr/>	
Tajova (Transylvanie).	N° 1701	A-XI. — Phosphore	
10° Granite		1°, 2°, 3°, 4° Gîtes sédimentaires	
Vosges.	N° 1702	Eckholshausen (Nassau).	N° 1557
Dielette et Flamanville (Manche).	N° 1703	Djebel Toumaï (Oran).	N° 1857
11° Amiante		Montigny-sur-Armançon (Côte-d'Or).	N° 1856
Mont-du-Lys (Barèges) (H ^{te} -Garonne).	N° 1844	Quissac (Gard).	N° 1855
Arado de Castanheira (Portugal).	N° 1845	Lirac et Tavel (Gard).	N° 1704
Pietra Mala (Bastia).	N° 1290	Grandpré (Ardennes).	N° 1859
Zacatecas (Mexique).	N° 1289	Beauval (Somme).	N° 1294
12° Emeraude		Cuchevilliers (Somme).	N° 1862
Moss (Norwège).	N° 1293	Hardivilliers (Oise).	N° 1861
13° Ardoise		Ciply (Hainaut).	N° 1656
Buckingham.	N° 1291	Djebel Stah (Tunisie).	N° 1864
Piscataquis (Maine).	N° 1292	Skarna (Tunisie).	N° 1865
14° Pierres à aiguiser		Zaouich-bou-Medine (Tunisie).	N° 1866
Porsgrund (Norwège).	N° 1849	Djebel Seldjà (Tunisie).	N° 1867
Frederiksstad (Norwège).	N° 1300	<hr/>	
Caen (Env.) (Calvados).	N° 1021	A-XII. — Phosphore	
		1°, 2°, 3°, 4° Gîtes sédimentaires	
		Souk-Ahras (Constantine).	N° 1863
		Djebel Tadjira (Constantine).	N° 1858
		Inkermann (Alger).	N° 1295
		Kuraçao (Antilles).	N° 1868

Charlestown (Caroline du Sud).	N° 1618
Floride (Etats-Unis).	N° 1296
Tebessa (Constantine).	N° 1853
Gourbesville et Orglandes (Manche).	N° 1869
Navassa (Antilles).	N° 1870
Ridonda (Mexique).	N° 1871

A-XIII. — Potassium. — Sodium. — Lithium.

1° Sels de Stassfurt

Stassfurt (Anhalt).	N° 1513
---------------------	---------

2° Sels gemmes

Bex (Neuchatel)	N° 1553
Oued Khebad (Constantine).	N° 1876
El Outaya (Constantine).	N° 1875
Milah (Constantine).	N° 1341
Coudiat-Hamacima (Tunisie).	N° 1342
Berchtesgaden (Tyrol).	N° 1800
Slanic (Roumanie).	N° 1715
Maros-Ujvar (Transylvanie).	N° 1873
Ranaszet (Transylvanie).	N° 1297
Solgatayan (Transylvanie).	N° 1298

3° Sel de lithine

Montebras (Creuse)	N° 1803
--------------------	---------

A-XIV. — Baryum. — Strontium. — Magnésium

1° Sels gemmes (Suite)

Pampinello (Sicile).	N° 1740
(Hongrie).	N° 1299
Djebel Sanari (Alger).	N° 1686

2° Glaubérite

Cienpozuelos (Espagne).	N° 1673
-------------------------	---------

3° Barytine

Djebel Slata (Tunisie).	N° 1877
Fleurus (Belgique).	N° 1879
La Malou (Hérault).	N° 1259
Boverback.	N° 1878
Fendanka (H ¹ -Sénégal).	N° 1258

4° Strontianite

Ahlen (Westphalie).	N° 1684
---------------------	---------

5° Célestine

Vigan (Gard).	N° 1890
(Gard).	N° 1874
Condorcet.	N° 1325
Palerme (Env. de) (Sicile).	N° 1730

6° Giobertite

Beni Saïd (Constantine).	N° 1881
Mandoudi (Ile d'Eubée).	N° 1882

7° Magnésite

Esky Cheir (Asie-Mineure).	N° 1326
(Isthme de Corinthe).	N° 1833
Smyrne (Asie-Mineure).	N° 1327

8° Serpentine

Aïn-Sedma (Constantine).	N° 1884
--------------------------	---------

A-XV. — Calcium

1°, 2°, 3°, 4° Pierres à bâtir

Divers (France).	N° 1885
------------------	---------

A-XVI. — Calcium

1° Pierre à chaux

Divers (France).	N° 1260
Les Moulineaux (Seine).	N° 1887

2° Pierres à ciments

Trifail (Styrie).	N° 1888
Corbigny (Nièvre).	N° 1889
St-Victor-la-Coste (Gard).	N° 1890
Balcony-Falls (Virginie).	N° 1261

3° Craie

Meudon (Seine).	N° 1891
Sangate (Sussex).	N° 1262

4° Pierres lithographiques

Solenhofen (Bavière).	N° 1893
Ravin bleu près Batna (Algérie).	N° 1894
Bancs rouges (Gard).	N° 1895
Ile Malo (N ¹¹ -Calédonie).	N° 1566
Ile St ¹ -Marie (N ¹¹ -Calédonie)	N° 1567

5° Aragonite

Dannemarie (Eure-et-Loir).	N° 1264
----------------------------	---------

A-XVII. — Calcium

1°, 2°, 3°, 4° Gypses

Echternach.	N° 1265
-------------	---------

Copiapo (Chili).	N° 1266
Leogang (Salzbourg).	N° 1267
Mers-el-Khebir (Oran).	N° 1902
Fleurus (Oran).	N° 1903
Karonbo (Oran).	N° 1268
Bou Thelis (Oran).	N° 1905
Christel (Oran).	N° 1904
Beni Saf (Oran).	N° 1344
Rovigo (Alger).	N° 1809
Milah (Constantine).	N° 1345
Amoura.	N° 1346
Harrouch.	N° 1347
Beni Mimoun (Constantine).	N° 1185
Zerouala (Petite Kabylie).	N° 1901
Djebel Amar (Tunisie).	N° 1909
Monastir (Tunisie).	N° 1221
Djebel Hammam (Tunisie).	N° 1269
Zacatecas (Mexique).	N° 1908
Huchuctlan (Puebla).	N° 1907
Xicotlan (Puebla).	N° 1270
Palaiseau (Seine-et-Oise).	N° 1912
Yvette (vallée de l').	N° 1911
Iglo (Transylvanie).	N° 1906
Divers.	N° 1150

A-XVIII. — Calcium**1°, 2°, 3°, 4° Marbres**

Gabès.	N° 1271
Aureilles (B ^{as} -du-Rhône).	N° 1273
Saint-Beat (Haute-Garonne).	N° 1274
Valais (Suisse).	N° 1275
Labarthe (H ^{aut} -Pyrénées).	N° 1276
Castera-Vestujan (Drôme).	N° 1277
Filfila (Constantine).	N° 1896
Djebel Orousse (Oran).	N° 1278
Djebel Chenouah (Alger).	N° 1279
Posa del Norte (Chihuahua).	N° 1280
Aïn Sba (Oran).	N° 1898
Sidi-Brabim (Oran).	N° 1282
Tekbalet (Oran).	N° 1899
Djebel Teffat (Constantine).	N° 1900
Pursatt (Cambodge).	N° 1283
Akiyoshi (Japon).	N° 1328
(Transylvanie).	N° 1284
Ossau (Vallée d').	N° 1285
Villapourçon (Nièvre).	N° 1263

Tome X, 1896.

Salle B**VITRINES MURALES****B-I. — Fer****1°, 2°, 3°, 4° Fer dans les roches**

Arendal (Côte d') (Norwège).	N° 1509
Meboudga (Constantine).	N° 1711
Ain Sedma (Constantine).	N° 1712
(Constantine).	N° 1713

B-II. — Fer**1°, 2°, 3°, 4° Fer dans les roches**

Moravicza (Hongrie).	N° 1142
Marmaros Sziget (Hongrie).	N° 1143
Tiszolez (Hongrie).	N° 1144

B-III. — Fer**1° Fer dans les roches**

Rohnicz (Hongrie).	N° 1145
Rimamurany (Hongrie).	N° 1050
Brasso (Hongrie).	N° 1147
Libethbanya (Hongrie).	N° 1148
Kotterbach (Hongrie).	N° 1154

2° Fer dans les roches

Traverselle (Piémont).	N° 1541
------------------------	---------

3°, 4° Fer dans les roches

Traverselle (Piémont).	N° 1518
------------------------	---------

B-IV. — Fer**1° Fer dans les roches**

Traverselle (Piémont).	N° 1518
------------------------	---------

2°, 3°, 4° Fer dans les roches

Traverselle (Piémont).	N° 1729
------------------------	---------

B-V. — Fer**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes de contact**

(Hongrie).	N° 1149
(Croatie).	N° 1051
(Chili).	N° 1004
(Silésie).	N° 1573
Cerro de Mercado (Durango).	N° 1152
Textillan (Oajaca).	N° 1320
Zacatecas (Mexique).	N° 1321
Zacatecas (Mexique).	N° 1322

B-VI. — Fer

1°, 2°, 3°, 4° <i>Gîtes filoniens</i>	
Allevard (Isère).	N° 1914
(Chine).	N° 1153
Ganara (Tunisie).	N° 1156
Kef Debba (Tunisie).	N° 1158
Djebel Hamrya (Tunisie).	N° 1157
Dobschau (Hongrie).	N° 1601
Argut (Haute-Garonne).	N° 1159
Ainhua (Basses-Pyrénées).	N° 1624
La Tour-Batère (Pyrénées-Orientales).	N° 1160
Rivernert (Ariège).	N° 1019

B-VII. — Fer

1°, 2°, 3°, 4° <i>Gîtes filoniens</i>	
Rancié (Ariège).	N° 1690
Château-Verdun (Ariège).	N° 1015

B-VIII. — Fer

1°, 2°, 3°, 4° <i>Gîtes filoniens</i>	
Prades (Canigou) (Pyrénées-Orientales).	N° 1570
Fillols (Canigou) (Pyrénées-Orientales).	N° 1622

B-X. — Fer

1°, 2°, 3°, 4° <i>Amas dans les terrains primitifs</i>	
Dannemora (Suède).	N° 1746
Norberg (Suède).	N° 1748
Gellivara (Suède).	N° 1747
(Australie).	N° 1155
Lac Champlain (New-York).	N° 1529

B-XI. — Fer

1°, 2°, 3°, 4° <i>Amas dans les terrains primitifs</i>	
Dalécarlie (Suède).	N° 1161
Marnas (Suède).	N° 1621
Douar Medjadja (Const.).	N° 1351
Maouaria (Constantine).	N° 1352
Vaussujean (Creuse).	N° 1184
Framont (Vosges).	N° 1515
M'rabdine (Alger).	N° 1625
Aïn Oudrer (Alger).	N° 1353

Devil's head Mountain (Colorado).	N° 1014
Saumane (Gard).	N° 1165
Elisabethpol (Caucase).	N° 1128
Camerata (Oran).	N° 1916
Beni-Mimoun (Constantine).	N° 1354
Ouled Nouar (Constantine).	N° 1355
Chabet Queraï.	N° 1356

B-XII. — Fer

1° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Lac Supérieur (Michigan).	N° 1338
Lac Supérieur (Michigan).	N° 1598
2° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Mokta-el-Hadid (Const.).	N° 1915
San Thiago (Portugal).	N° 1635
3° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Seriphos (Grèce).	N° 1669
4° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Brésil.	N° 1357
Segré (Maine-et-Loire).	N° 1162
Diélette (Manche).	N° 1918

B-XIII. — Fer

1° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Diélette (Manche).	N° 1918
2°, 3° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Parkside (Cumberland).	N° 1920
Saarbruck (Lorraine).	N° 1147
4° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Neunkirchen (Siegen).	N° 1164
Fins.	N° 1166
Portes (Gard).	N° 1167
Saint-Eloy (Allier).	N° 1168
Bezenet (Allier).	N° 1169
Combes (Aveyron).	N° 1170

B-XIV. — Fer

1°, 2° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
C ⁻⁻⁻ de Pologne (Varsovie).	N° 1171
3° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Dombrowa (Silésie).	N° 1172
Tarnowitz (Varsovie).	N° 1173
4° <i>Gîtes sédimentaires</i>	
Merzelet (Ardèche).	N° 1921

Fumel (Tarn).	N° 1174
Bordezac (Gard).	N° 1175
Bab M'Teurba (Oran).	N° 1358
Beni Saf (Oran).	N° 1359
Saligny (Allier).	N° 1527
Thostes (Côte-d'Or).	N° 1923
Briey (Meurthe-et-Moselle).	N° 1657
Chavigny (Meurthe-et-Moselle).	N° 1924

B-XV. — Fer**1° Gîtes sédimentaires**

Mazenay (Saône-et-Loire).	N° 1922
Hayange (Lorraine).	N° 1779
Chalindrey (Haute-Saône).	N° 1161

2° Gîtes sédimentaires

Tazout (Oran).	N° 1360
Kandirou (Constantine).	N° 1361
Gimouille (Nièvre).	N° 1180

3° Gîtes sédimentaires

Ouarsenis (Alger).	N° 1362
Ougney (Jura).	N° 1926
Saint-Priest (Ardèche).	N° 1176
Moindalazac (Aveyron).	N° 1928
Izenay (Nièvre).	N° 1177
Privas (Ardèche).	N° 1179
Veyras (Ardèche).	N° 1178
La Voulte (Ardèche).	N° 1929
Sidi Saf (Oran).	N° 1368

4° Gîtes sédimentaires

Vassy (Haute-Marne).	N° 1930
Djebel Temoulga (Alger).	N° 1363
Oued Rouina (Alger).	N° 1364
Zaccar Rharb (Alger).	N° 1365
Sidi Sliman (Alger).	N° 1366
Lacs de Russie.	N° 1183

B-XVI. — Fer**1° Gîtes sédimentaires**

Soumah (Alger).	N° 1369
Bouïnan (Alger).	N° 1370
Oued Djer (Alger).	N° 1371

2° Gîtes sédimentaires

Somorrostro (Bilbao).	N° 1932
-----------------------	---------

3° Gîtes sédimentaires

Gourraya (Alger).	N° 1917
Beni Aquil (Alger).	N° 1372
Aïn Sadouna (Alger).	N° 1373

4° Gîtes sédimentaires

Larrhat (Alger).	N° 1374
Djebel Hadid (Alger).	N° 1375
Cap Tenez (Alger).	N° 1376
Messelmoun (Alger).	N° 1377
Saint-Florent (Cher).	N° 1378
Exincourt (Doubs).	N° 1379
Oued Zouara (Tabarca).	N° 1380
Monts-en-Ternois (Pas-de-Calais).	N° 1716
Yeffi (Oran).	N° 1381
Pourain (Yonne).	N° 1382
Flogny (Yonne).	N° 1383

B-XVII. — Fer**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes sédimentaires**

Calamita (Ile d'Elbe).	N° 1933
------------------------	---------

VITRINES MURALES ISOLÉES**B-IX. — Chrome. — Titane. — Tungstène****1° Chrome**

Euch-el-Bez (Constantine).	N° 1384
Berezowsk (Russie).	N° 1717
Shasta (Californie).	N° 1936
Les Ecouchets (Saône-et-Loire).	N° 1945
Roråas (Suède).	N° 1186
Helene (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1523
Canala (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1524
S ^t -Vincent (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1187
(Serbie).	N° 1385
(Asie-Mineure)	N° 1188
Baltimore (Maryland).	N° 1189
(Oural).	N° 1190
(Inde).	N° 1191
Skyros (Grèce).	N° 1192

2° Titane

Egersund (Norwège).	N° 1949
Kragerø (Norwège).	N° 1534
Dear Park (Maryland).	N° 1193
Rock Springs (Maryland).	N° 1194

3° Tungstène

Bonnac (Corrèze).	N° 1742
Meymac (Corrèze).	N° 1728
East Pool (Cornwall).	N° 1545
Puy-les-Vignes (H ^{te} -Vienne).	N° 1943
Vaulry (H ^{te} -Vienne).	N° 1722

4° Uranium

Montcenis (Saône-et-Loire).	N° 1386
-----------------------------	---------

B-XVIII. — Aluminium**1° Kaolins**

Saint-Yrieix (H ^{te} -Vienne).	N° 1937
(États-Unis).	N° 1196
(Asie-Mineure).	N° 1197
Petite Kabylie (Algérie).	N° 1198

2° Argiles réfractaires

(Bohême).	N° 1199
Le Teil (Ardèche).	N° 1200
Sarreguemines (Lorraine).	N° 1215
Couronne de Pologne (Varsovie).	N° 1216
Blatoush (Oural).	N° 1217
Biso (Espagne).	N° 1218
Vallendar.	N° 1219

3° Emeri

Naxos (Grèce).	N° 1220
Bereghszasy (Hongrie).	N° 1221

4° Alunite

La Tolfa (Rome).	N° 1938
------------------	---------

5° Bauxite

Les Baux (Bouch.-du-Rh.).	N° 1222
Le Morre (Hérault).	N° 1223
Villeveyrac (Hérault).	N° 1224

6° Cryolithe

Evigtok (Groenland).	N° 1225
----------------------	---------

TABLES D'EMBRASURES**B-t.I. — Manganèse**

Capo rosso (Sardaigne).	N° 1700
Argut (Haute-Garonne).	N° 1387
Adervielle (H ^{te} -Pyrénées).	N° 1630
Romanèche (S.-et-L.).	N° 1389
Kvirili (Caucase).	N° 1940
Espié (Trébizonde).	N° 1732
San-Luiz (Rép. Argentine).	N° 1390

Voile-Noiro (Constantine).	N° 1391
La Couraya (Constantine).	N° 1626
Azib-Zamoun (Alger).	N° 1627
Bouzarea (Alger).	N° 1628
Sarre (Lorraine).	N° 1392
Saint-Quentin (Aisne).	N° 1393
Las Cabesses (Ariège).	N° 1017
Rimont (Ariège).	N° 1020
Mayet-en-Montagne (Allier).	N° 1532
Semipalatinsk (Sibérie).	N° 1668

B-t.II. — Nickel-Cobalt

Bamle (Norwège).	N° 1394
Canala, etc. (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1942
Negrilla (Catamarca).	N° 1616
Ringerike (Norwège).	N° 1941
Schneeberg (Saxe).	N° 1339
Dobschau (Hongrie).	N° 1602
Usseglio (Piémont).	N° 1030
El Binta, Coquimbo (Chili).	N° 1939
Les Challanches (Isère).	N° 1619
Palhal (Portugal).	N° 1395
Owari (Japon).	N° 1584
Port-Bouquet (N ^{lle} -Caléd.).	N° 1556
Grande-Adélaïde (N ^{lle} -Cal.).	N° 1558

VITRINES CENTRALES**Régions métallifères****I**

Minerais et produits métallurgiques
de la Suède.

II

Laurium (Grèce).

TROPHÉES .**I. — Fer**

Mazenay (Saône-et-Loire).

II. — Nickel

Nouvelle-Calédonie.

III. — Argent

Comstock (États-Unis).

IV. — Or

Minas Geraes (Brésil).

Salle C

TABLES D'EMBRASURES

C-t.I. — Étain

Carn Brea (Cornwall). N° 1803

C-t.II. — Étain

Dolcoath (Cornwall). N° 1016

Mellenaer (Cornwall). N° 1528

La Villeder (Morbihan). N° 1679

Altenberg (Saxe). N° 1323

Chorulque (Bolivie). N° 1808

Oruro (Bolivie). N° 1807

Montebras (Creuse). N° 1805

Penuta (Galice). N° 1946

San Manuel (Galice). N° 1946

C-t.III. — Étain

Pentes (Galice). N° 1946

Campiglia (Toscane). N° 1629

Minosaka (Japon). N° 1695

Penestin (Morbihan). N° 1604

Puloh Brani (Perak). N° 1947

Bangka (Malacca). N° 1510

Billiton (Malacca). N° 1520

Perak (Malaisie). N° 1804

Petai (Perak). N° 1561

Guntang (Perak). N° 1562

Cleydang (Perak). N° 1563

Piriac (Loire-Inférieure). N° 1745

Vaulry (H^{te}-Vienne). N° 1751

VITRINES MURALES

C-I. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° Amas dans les roches

Monte-Catini (Toscane). N° 1806

C-II. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° Amas dans les roches

Monte-Catini (Toscane). N° 1806

Rocca Tederighi (Toscane). N° 1620

Bocchegiano (Toscane). N° 1331

Terricio (Toscane). N° 1948

Ponte-alle-Lecchia (Corse). N° 1583

La Prugne (Allier). N° 1531

C-III. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° Gîtes filoniens

Pilou (Nouvelle-Calédonie). N° 1949

Bogoslowsk (Oural). N° 1950

Iekaterinenbourg (Perm). N° 1951

C-IV. — Cuivre

1° Gîtes filoniens

Gollnitz (Hongrie). N° 1311

2° Gîtes filoniens

Cap Tenez (Alger). N° 1952

Oued-Allelah (Alger). N° 1087

3° Gîtes filoniens

Oued-bou-Allou (Alger). N° 1088

Mouzaia (Alger). N° 1962

Oued-Melah (Alger). N° 1089

Oued-Merdja (Alger). N° 1090

Oued-Kebir (Alger). N° 1091

Djebel-Hadid (Alger). N° 1092

4° Gîtes filoniens

Kef-oum-Teboul (Const.). N° 1781

Beni-Mimoun (Constantine). N° 1096

Cheraia (Constantine). N° 1097

Abla (Oran). N° 1093

Aïn Barbar (Constantine). N° 1749

(Oran). N° 1094

Oued-K'Soub (Oran). N° 1095

C-V. — Cuivre

1° Gîtes filoniens

Leogang (Salzbourg). N° 1098

2° Gîtes filoniens

Acton (Canada). N° 1099

3° Gîtes filoniens

Tolède (N^{lle}-Castille). N° 1547

Xerès-Lanteira (Andalousie). N° 1543

Kanagassi (Japon). N° 1100

Sassagatani (Japon). N° 1102

Adakæ (Japon). N° 1102

Bien-Dong (Tonkin). N° 1103

4° Gîtes filoniens

Côte occidentale (Sumatra).	N° 1512
(Bolivie).	N° 1104
(Bolivie).	N° 1131

C-VI. — Cuivre**1°, 2° Gîtes filoniens**

Tamaya (Chili).	N° 1953
-----------------	---------

3° Gîtes filoniens

Iles Salomon.	N° 1752
Australie.	N° 1753
La Sarre (Lorraine).	N° 1076
Tinoca (Portugal).	N° 1954
Cheida (Tunisie).	N° 1955

4° Gîtes filoniens

Accous (Basses-Pyrénées).	N° 1001
---------------------------	---------

C-VII. — Cuivre**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes filoniens**

Estrella (Pr. de Madrid).	N° 1613
Chilena (Pr. de Madrid).	N° 1613
Providenzia (Pr. de Madrid).	N° 1613
Verdad (Pr. de Madrid).	N° 1613
Gargantilla (Pr. de Madrid).	N° 1613
Burracho (Pr. de Madrid).	N° 1613

C-VIII. — Cuivre**1° Gîtes filoniens**

(Californie).	N° 1649
---------------	---------

2° Gîtes filoniens

Cooper queen (Arizona).	N° 1777
Duck Town (Tennessee).	N° 1559

3° Gîtes filoniens

Alleghany (Virginie).	N° 1430
Rosario (Rép. Argentine).	N° 1754
Catamarca (Rép. Argentine).	N° 1754

4° Gîtes filoniens

San-Juan (Rép. Argentine).	N° 1754
Salta (Rép. Argentine).	N° 1754
Rioja (Rép. Argentine).	N° 1754
San-Miguel (Rép. Argentine).	N° 1754

C-IX. — Cuivre**1° Gîtes filoniens**

Burra-burra (Australie).	N° 1956
--------------------------	---------

2° Amas filoniens

(Morée)	N° 1680
---------	---------

3° Amas filoniens

Akthala (Caucase).	N° 1786
--------------------	---------

4° Amas filoniens

La Malou (Hérault).	N° 1957
---------------------	---------

C X. — Cuivre**1° Amas filoniens**

Santa-Cecilia (Mexico).	N° 1105
Sinaloa (Mexique).	N° 1106
Tamazula (Jalisco).	N° 1107

2° Amas filoniens

La Nelfa (Durango).	N° 1108
Santa-Barranca (Sonora).	N° 1109
Alfredina (Sonora).	N° 1110
Ilucyapan (Puebla).	N° 1111

3° Amas filoniens

Descugano (Chili).	N° 1112
Cabeca-Alta (Portugal).	N° 1406
Minaucos (Portugal).	N° 1407
Csiklova (Hongrie).	N° 1115

4° Amas filoniens

Djebel-Herruch (Tunisie).	N° 1114
Achaïches (Constantine).	N° 1396
La Calle (Constantine).	N° 139
Gorges de Rigas (Alger).	N° 1398
Ravin de Hadjail (Alger).	N° 1399
Soumah, près Blidah (Alger).	N° 1400

C-XI. — Cuivre**1° Amas filoniens**

Barrancanès (Séville).	N° 1634
------------------------	---------

2°, 3°, 4° Amas filoniens

Rio Tinto (Huelva).	N° 1653
Negrita (Sierra Nevada).	N° 1401

C-XII. — Cuivre**1° Amas filoniens**

Slovenka (Hongrie).	N° 1603
---------------------	---------

2°, 3°, 4° *Amas filoniens*
Rōraas (Norwège). N° 1538

C-XIII. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° *Amas filoniens*
Fahlun (Suède). N° 1539

C-XIV. — Cuivre

1° *Cuivre gris*

Boujam. N° 1117
Tadergount. N° 1118
Kandirou. N° 1119
Djebel-Talouine. N° 1120
Bled-el-Hammam (Const.). N° 1121
Ghil-oum-Djinn (Const.). N° 1122
Djebel-Bekal (Constantine). N° 1402

2° *Cuivre gris*

Mouzaia (Alger). N° 1124
Beni-Aquil (Alger). N° 1125
Oued-Bounan (Alger). N° 1129
Oued-Allelah (Alger). N° 1126
Sidi-bou-Assi (Alger). N° 1127
Gourraya (Alger). N° 1128
Oued-Sidi-Rhibir (Alger). N° 1403

3° *Cuivre gris*

Coahuila (Mexique). N° 1132
Jalisco (Mexique). N° 1133
Morelos (Mexique). N° 1134

4° *Cuivre gris*

Quintera (Sonora). N° 1135
Rio-Chico (Sonora). N° 1136
Zacatecas (Mexique). N° 1137
Paderm (Aude). N° 1138

C-XV. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° *Cuivre gris*

Sierra Nevada (Espagne). N° 1645
Valence (Espagne). N° 1130
Torre de las Siete Esquinas
(Espagne). N° 1774

C-XVI. — Cuivre

1°, 2°, 3° *Cuivre gris*

Petite Kabylie. N° 1664

4° *Cuivre gris*

(Serbie). N° 1404
Brixleys (Tyrol). N° 1115
Schvatz (Tyrol). N° 1116

C-XVII. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° *Cuivre natif*

Lac Supérieur (Michigan). N° 1526

C-XVIII. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° *Cuivre natif*

Lac Supérieur (Michigan). N° 1599

C-XIX. — Cuivre

1°, 2°, 3° *Cuivre natif*

Lac Supérieur (Michigan). N° 1599

4° *Cuivre natif*

Le Cap. N° 1958

C-XX. — Cuivre

1° *Cuivre natif*

El Progreso (Michoacan). N° 1405

2° *Gîtes sédimentaires*

Mansfeld (Saxe). N° 1959

3° *Gîtes sédimentaires*

Rammelsberg (Hanovre). N° 1961

4° *Gîtes sédimentaires*

Schirmeck (Alsace). N° 1139
(Basse-Californie). N° 1140

C-XXI. — Cuivre

1°, 2°, 3°, 4° *Gîtes sédimentaires*

Boleo (Basse-Californie). N° 1160

VITRINES CENTRALES

Régions métallifères

I

Chili. N° 1312
N° 1341
N° 1349
N° 1350

II

Chili. N° 1350
N° 1351

III

Chili N° 1578

TROPHÉES

I. — Cuivre

Mensula (Espagne).
Caderles (Gard).

II. — Cuivre

Monte-Catini (Toscane).

Salle D

VITRINES MURALES

D-I. — Zinc

1° Amas dans les roches

Ammeberg (Suède). N° 1548

2°, 3°, 4° Gîtes filoniens

Andreasberg (Hanovre). N° 1738

Zacatecas (Mexique). N° 1639

Nostra Senora (Sinaïa). N° 1638

Pastora (Jalisco). N° 1637

Duc-Bô (Annam). N° 1659

Dong-Trieu (Tonkin). N° 1655

Picos de Europa (Asturies). N° 1213

Picos del Pando (Asturies). N° 1214

Sgudicato (Pyrénées). N° 1026

Gharbou (Constantine). N° 1666

La Voute-Chilhac (H^{te}-Loire). N° 1710

D-II. — Zinc

1°, 2°, 3°, 4° Gîtes filoniens

Laurium (Grèce). N° 1681

D-III. — Zinc

1°, 2° Gîtes filoniens

Monteponi (Sardaigne). N° 1549

3°, 4° Gîtes filoniens

Iglesias (Sardaigne). N° 1607

Monte-Agruxau (Sardaigne). N° 1968

D-IV. — Zinc

1°, 2° Gîtes filoniens

Malfidano (Sardaigne). N° 1967

3°, 4° Gîtes filoniens

Djebel Reças (Tunisie). N° 1964

Bou Gournein (Tunisie). N° 1965

Kranguet-el-Tout (Tunisie). N° 1966

Sakamody (Alger). N° 1969

D-V. — Zinc

1°, 2° Gîtes filoniens

Ouarsenis (Alger). N° 1023

3° Gîtes filoniens

Guerrouma (Alger). N° 1027

Djebel-Fillaoucen (Alger). N° 1024

Kalaa-K'bail (Oran). N° 1029

Maazis (Oran). N° 1028

Djebel-Masser (Oran). N° 1031

Djendeli (Constantine). N° 1025

Hamimat-Arks (Const.). N° 1032

4° Gîtes filoniens

Aïn-Barbar (Constantine). N° 1022

Hammam-N'bails (Const.). N° 1034

Aïn-Safra (Constantine). N° 1033

(Constantine). N° 1035

Clairac (Gard). N° 1972

S^t-Julien, près Alais (Gard). N° 1974

Maudesse (Gard). N° 1973

D-VI. — Zinc

1° Gîtes filoniens

Les Malines (Gard). N° 1971

2° Gîtes filoniens

Saint-Laurent-le-Minier
(Hérault). N° 1631

3°, 4° Gîtes filoniens

Reocin (Asturies). N° 1975

D-VII. — Zinc

1° Gîtes filoniens

Calavera (Guipuzcoa). N° 1976

2°, 3° Gîtes filoniens

San-Narciso (Guipuzcoa). N° 1977

4° Gîtes filoniens

Linarès (Jaen). N° 1978

D-VIII. — Zinc

1° Gîtes filoniens

Tarnowitz (Silésie). N° 1735

2° Gîtes filoniens	
Boleslaw (Pologne).	N° 1970
3°, 4° Gîtes filoniens	
Vieille-Montagne.	N° 1565
Moresnet.	N° 1565
Welkenraedt.	N° 1565

D-IX. — Plomb et divers

1°, 2°, 3° Filons complexes	
Bords du Rhin (Prusse rhénane).	N° 1699
4° Filons complexes	
Egri-Aéré (Turquie d'Asie).	N° 1736

D-X. — Plomb et divers

1°, 2°, 3°, 4° Filons complexes	
Schemnitz (Hongrie).	N° 1588

D-XI. — Plomb et divers

1°, 2°, 3°, 4° Filons complexes	
Schemnitz (Hongrie).	N° 1588

D-XII. — Plomb et divers

1°, 2° Filons complexes	
Schemnitz (Hongrie).	N° 1588
Arre (Basses-Pyrénées).	N° 1540
3° Filons complexes	
Goldberg (Silésie).	N° 1572
4° Filons complexes	
Bleiberg (Carinthie).	N° 1081

D-XIII. — Plomb et divers

1° Filons complexes	
Chanarcillo (Chili).	N° 1987
Abères (Ariège).	N° 1018
Sarre (La) (Lorraine).	N° 1076
Eimgheir (Saxe).	N° 1408
Dalmatie (Alger).	N° 1409

2°, 3°, 4° Filons complexes	
Vals Trompia et Sussina.	N° 1521

D-XIV. — Plomb et divers

1° Filons complexes	
Huelgoat (Finistère).	N° 1982

2° Filons complexes	
Poullaouen (Finistère).	N° 1983

3°, 4° Filons complexes	
Pontpean (Ille-et-Vilaine).	N° 1674

D-XV. — Plomb et Divers

1° Filons complexes	
Vialas (Lozère).	N° 1615

2°, 3°, 4° Filons complexes	
Ghar-el-Kohol (Constant.).	N° 1410
Bir-Beni-Salah (Constant.).	N° 1036
Dar-el-Hamoud (Const.).	N° 1039
Beni-Mimoun (Constant.).	N° 1040
Aïn Tebessa (Constantine).	N° 1411
Bou Taleb (Constantine).	N° 1044
Melousla (Constantine).	N° 1041
Cavallo (Constantine).	N° 1043
Ouarsenis (Alger).	N° 1051
Akroub (Alger).	N° 1045
Oued Bordja (Alger).	N° 1046
Dalmatie (Alger).	N° 1047
Nador Scheir (Alger).	N° 1048
Oued Rehan (Alger).	N° 1049
Guerrouma (Alger).	N° 1141
Sidi Arama (Oran).	N° 1052
Coudiat Resas (Oran).	N° 1053
Djebel Masser (Oran).	N° 1054
Moazis (Oran).	N° 1055
Gar Rouban (Oran).	N° 1056

D-XVI. — Plomb et Divers

1° Filons complexes	
Caderles (Gard).	N° 1979
Ferrusac (H ^{te} -Loire).	N° 1708
S ^t -Pal-de-Murs (H ^{te} -Loire).	N° 1709

2° Filons complexes	
Dadou (Tarn).	N° 1687

3° Filons complexes	
Durango (Mexique).	N° 1057
San Luis de Potosi (Mex.).	N° 1058
Sinaloa (Mexique).	N° 1059
Zacatecas (Mexique).	N° 1060

4° Filons complexes	
La Baume (Aveyron).	N° 1617
Wardner	N° 1989

D-XVII. — Plomb**1°, 2° Gîtes floniens**

Djebel Reças (Tunisie).	N° 1591
Djebel Reças (Tunisie).	N° 1985
Kranguet-el-Tout (Tunisie).	N° 1061
Djebel Trozza (Tunisie).	N° 1062
Djebilet-el-Kohol (Tunisie).	N° 1063
Bou Gournein (Tunisie).	N° 1064
Djebba (Tunisie).	N° 1065

3° Gîtes floniens

Horcajo (Espagne).	N° 1654
--------------------	---------

4° Gîtes floniens

Grand-Clos (Hautes-Alpes).	N° 1650
----------------------------	---------

D-XVIII. — Plomb**1°, 2°, 3° Gîtes floniens**

Sierra de Carthagène (Esp.).	N° 1683
------------------------------	---------

4° Gîtes floniens

Union (Sierra de Carthagène).	N° 1066
-------------------------------	---------

D-XIX. — Plomb**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes floniens**

Mendoza et Rioja (Rép. Argentine).	N° 1986
Llanidloes (South Wales).	N° 1412
Frongoch Mine (S.W.).	N° 1413
Sestrade (Corrèze).	N° 1519
Virginie (États-Unis).	N° 1988
Laurium (Grèce).	N° 1990
Madrid (Espagne).	N° 1608
Aguilas (Andalousie).	N° 1992
Sidi Camber (Constantine).	N° 1420
El Aminia (Constantine).	N° 1419
La Calle (Constantine).	N° 1414
Bouzareah (Alger).	N° 1415
Pointe Pescade (Alger).	N° 1416
Arrouach (Alger).	N° 1417
Tazout (Oran).	N° 1418
Djebel Masser (Oran).	N° 1421

D-XX. — Plomb**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes floniens**

Zacatecas (Mexique).	N° 1067
Sinaloa (Mexique).	N° 1068
Durango (Mexique).	N° 1069
Jalisco (Mexique).	N° 1070
Sonora (Mexique).	N° 1071
Puebla (Mexique).	N° 1072
Parral (Chihuahua).	N° 1073
Coahuila (Mexique).	N° 1083
Mexico (Mexique).	N° 1082
Morelos (Mexique).	N° 1074
San Pedro (Nuevo Leon).	N° 1075
Guadalupe (Nuevo Leon).	N° 1078
Las Animas (Chihuahua).	N° 1795
Santa Barbara (Chihuahua).	N° 1796
Berezowsk (Russie).	N° 1991
Belmont (H ^{te} -Loire).	N° 1698
Meretrix (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1636
Prades (H ^{te} -Loire).	N° 1694
Chausse (H ^{te} -Loire).	N° 1707
Tailhac (H ^{te} -Loire).	N° 1705

D-XXI. — Plomb**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes sédimentaires**

Mechernich.	N° 1201
Saint-Avold (Lorraine).	N° 1215

VITRINES CENTRALES**Champs de fractures**

I	
Saxe.	N° 1340
II	
Harz (Hanovre).	N° 1517
III	
Schemnitz (Hongrie).	N° 1981

TABLES D'EMBRASURES**D-t. I. — Antimoine**

La Licoulne (Haute-Loire).	N° 1718
Sazty-Deré (Asie-Mineure).	N° 1203
Almuradiel (Espagne).	N° 1610
Monte-Cavallo (Toscane).	N° 1204
Rosia (Toscane).	N° 1720
Granagiolo (Corse).	N° 1367

Sierra Nevada (États-Unis).	N° 1205
Brieser Mauth (Hongrie).	N° 1314
Iglo (Hongrie).	N° 1202
Sarawak (Bornéq).	N° 1511
Le Genest (Mayenne).	N° 1206
Ak Koi (Tonkin).	N° 1207
Chanac (Corrèze).	N° 1208
Monk Hay (Tonkin).	N° 1209
Miria (Corse).	N° 1210

D-t. II. — Antimoine

Nades (Allier).	N° 1329
Racles (Puy-de-Dôme).	N° 1330
Huelgoat (Finistère).	N° 1423
Lubella (Hongrie).	N° 1424
Sitio do Tojo (Portugal).	N° 1425
Tapada do Padre (Portugal).	N° 1426
Aïn Babouch (Constantine).	N° 1427
Tebitga (Constantine).	N° 1428
Nador (Constantine).	N° 1429
Chazelles (Puy-de-Dôme).	N° 1432
Su Suergin (Sardaigne).	N° 1433
Nieddores Flumines (Sard.).	N° 1434
El Gresa (Constantine).	N° 1435
Freycenet (Haute-Loire).	N° 1652
La Fage (Haute-Loire).	N° 1692
Barlet (Haute-Loire).	N° 1697
Tailhac (Haute-Loire).	N° 1693
Chazelles (Haute-Loire).	N° 1688

D-t. II. — Arsenic

Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace).	N° 1257
Bonnac (Cantal).	N° 1530

D-t. III. — Bismuth

Meymac (Corrèze).	N° 1211
Bleka (Norwège).	N° 1212
Adélaïde (Australie).	N° 1594

D-t. III. — Vanadium

Charcas (Mexique).	N° 1963
--------------------	---------

TROPHÉES**I. — Zinc**

Laurium.
Saint-Laurent-le-Minier.

II. — Plomb

Vialas.
Genolhac.

Salle E**TABLE D'EMBRASURE****E-t. I. — Mercure**

Almaden (Ciudad Real).	N° 1315
Almaden (Ciudad Real).	N° 1611
Djebel Maksen (Constant.).	N° 1255
Mieres Oviedo (Asturies).	N° 1995
Dumbrava (Hongrie).	N° 1253
Nakely (N ^{lle} -Calédonie).	N° 1102
La Chapelle-en-Juger.	N° 1438
Potocnig (Carniole).	N° 1677
Littai (Carniole).	N° 1318

VITRINE MURALE ISOLÉE**E-XX. — Mercure**

Idria (Carniole).	N° 1079
Idria (Carniole).	N° 1080
Idria (Carniole).	N° 1665

TABLE D'EMBRASURE**E-t. II. — Mercure**

Calahora (Sierra Nevada).	N° 1644
Ras Elma (Constantine).	N° 1994
Sièle (Toscane).	N° 1676
(Chili).	N° 1316
Djebel Oust (Tunisie).	N° 1996
Yamato (Japon).	N° 1661
(Mexique).	N° 1317
(Chine).	N° 1439
Nikitofka (Donetz).	N° 1776
New Almaden (Californie).	N° 1643
Aïn K'sar (Constantine).	N° 1537
Oued Bonghi (Constantine).	N° 1440

VITRINES MURALES

E-I. — Argent**1°, 2° Gîtes filoniens**

Mendoza et Rioja (Rép.

Argentine).

N° 1754

3°, 4° Gîtes filoniens

Comstock (Nevada).

N° 1600

Comstock (Nevada).

N° 1647

E-II. — Argent**1° Gîtes filoniens**

Silver King (Arizona).

N° 1771

Sala (Suède).

N° 1719

2°, 3° Gîtes filoniens

Jubilu (États-Unis).

N° 1775

Kongsberg (Norwège).

N° 1308

Kongsberg (Norwège).

N° 1743

4° Gîtes filoniens

Motherlode (Californie).

N° 1304

Drumlummin (États-Unis).

N° 1306

Castle Town (États-Unis).

N° 1305

Mollie Gibson (Colorado).

N° 1003

Chatanque Mine (Nevada).

N° 1007

Daily and Alliance (Utah).

N° 1006

Cachis (Utah).

N° 1008

E-III. — Argent**1° Gîtes filoniens**

Mammoth Mine (Utah).

N° 1009

Bingham (Utah).

N° 1646

2°, 3° Gîtes filoniens

Georgetown and Carribou.

N° 1600

Austin (Nevada).

N° 1525

4° Gîtes filoniens

Leadville (Colorado).

N° 1723

E-IV. — Argent**1° Gîtes filoniens**

Alice Mine (Montana).

N° 1770

Veterand (Chili).

N° 1999

2° Gîtes filoniens

Oruro (Bolivie).

N° 1307

3°, 4° Gîtes filoniens

Thames (Nouvelle-Zélande).

N° 1997

Ikouno (Japon).

N° 1660

E-V. — Argent**1°, 2° Gîtes filoniens**

Sarrabus (Sardaigne).

N° 1532

3°, 4° Gîtes filoniens

Sarrabus (Sardaigne).

N° 1658

E-VI. — Argent**1°, 2°, 3° Gîtes filoniens**

Sarrabus (Sardaigne).

N° 1658

4° Gîtes filoniens

Sarrabus (Sardaigne).

N° 1642

E-VII. — Argent**1°, 2° Gîtes filoniens**

Sarrabus (Sardaigne).

N° 1642

3° Gîtes filoniens

Rodna (Hongrie).

N° 1256

4° Gîtes filoniens

Urvolgy (Hongrie).

N° 1227

E-VIII. — Argent**1° Gîtes filoniens**

Monte Narba (Sardaigne).

N° 1226

Sierra Almagrera (Almeria).

N° 1998

2°, 3°, 4° Gîtes filoniens

Mexico (Mexique).

N° 1444

Jalisco (Mexique).

N° 1443

San Luis de Potosi (Mex.).

N° 1449

San Rafael (Durango).

N° 1252

La Calaverita (Durango).

N° 1251

Oajaca (Mexique).

N° 1447

Michoacan (Mexique).

N° 1446

Santa Inez (Queretaro).

N° 1250

Sonora (Mexique).

N° 1507

Tepic (Mexico) (Mexique).

N° 1445

Puebla (Mexique).

N° 1448

Santa Rosalia (Chihuahua).

N° 1249

E-IX. — Argent**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes filoniens**

Zacatecas (Mexique).

N° 1641

E-X. — Argent**1°, 2° Gîtes filoniens**

Zacatecas (Mexique).

N° 1641

3° Gîtes filoniens

Chihuahua (Mexique).	N° 1442
Sinaloa (Mexique).	N° 1506

4° Alluvions de Platine

Nijne Taguil (Russie).	N° 1319
------------------------	---------

E-XI. — Or**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes divers du Brésil**

Rapazos (Minas Geraes).	N° 1762
Passagem (Minas Geraes).	N° 1763
Cuiaba (Minas Geraes).	N° 1764

E-XII. — Or**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes divers du Brésil**

Moro Velho (Minas Geraes).	N° 1760
Sao Luiz (Minas Geraes).	N° 1765
B° d'Alfié (Minas Geraes).	N° 1766
Pacientia (Minas Geraes).	N° 1767
Tinoco (Minas Geraes).	N° 1768
Vasada (Minas Geraes).	N° 1761

E-XIII. — Or**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes divers du Brésil**

Pary (Minas Geraes).	N° 1769
Carapatos (Minas Geraes).	N° 1756
Jao Julio d'Ahraranga (Minas Geraes).	N° 1759
Barra (Minas Geraes).	N° 1757
Sao Bento (Minas Geraes).	N° 1755
Maquiné (Minas Geraes).	N° 1758

E-XIV. — Or**1° Gîtes divers du Brésil**

Quartz aurifères.	N° 1230
-------------------	---------

2°, 3° Gîtes filoniens

El Callao (Venezuela).	N° 1651
------------------------	---------

4° Gîtes filoniens

Boulder Conty (Colorado).	N° 1235
Highland (Dakota).	N° 1773
Alleghany (Virginie).	N° 1431
Sheridan Mine (Idaho).	N° 1013
Mammoth Mine (Utah).	N° 1010
Mayflower Mine (Californie).	N° 1011
Cripple Creek (Colorado).	N° 1012

E-XV. — Or**1° Gîtes filoniens**

(Californie)	N° 1600
Berezowsk (Sibérie).	N° 1633

2°, 3°, 4° Gîtes filoniens

Berezowsk (Sibérie).	N° 1633
----------------------	---------

E-XVI. — Or**1° Gîtes filoniens**

Berezowsk (Sibérie).	N° 1633
----------------------	---------

2° Gîtes filoniens

Nijné Miask (Monts Ourals).	N° 1231
La Gardette (Isère).	N° 1232
Lyon (Env. de) (Rhône).	N° 1233

3° Gîtes filoniens

Cab Tach (Asie-Mineure).	N° 1733
Val Troppa (Piémont).	N° 1237
Alagna (Piémont).	N° 1236

4° Gîtes filoniens

Pestarena (Piémont).	N° 1238
Gondo (Suisse).	N° 1560
Bong-Mieû (Annam).	N° 1667

E-XVII. — Or**1°, 2°, 3°, 4° Gîtes filoniens**

Churiniodi (Sinaloa).	N° 1244
Colarado del Yaqui (Sonora).	N° 1245
Bradshaw (Arizona).	N° 1772
Satsuna (Japon).	N° 1694
Santo Domingo de la Pena (Chili).	N° 1241
Simmon's reef (Australie).	N° 1240
K'Thong (Siam).	N° 1234
Carlisle (New Mexico).	N° 1242
Rescate (Oajaca).	N° 1737
Guadalupe (Chihuahua).	N° 1243
Sinaloa (Mexique).	N° 1441
Pihuamo (Jalisco).	N° 1246
Batopilas (Mexique).	N° 1247
Nagyag (Transylvanie).	N° 1309
Verespatak (Hongrie).	N° 1229
Offenbanya (Hongrie).	N° 1437
Ayrshire (Mashonaland).	N° 1670
Colorado (États-Unis).	N° 1310

E-XVIII. — Or			Durban Roodepoort		N° 1453	
1°, 2° <i>Gîtes filoniens</i>			(Transvaal)			
(N ^{lle} -Écosse). N° 1554			United Main Reef			
3°, 4° <i>Gîtes filoniens</i>			Roodepoort			N° 1454
Eule (Bohême). N° 1696			Vogelstruis			N° 1455
<hr/>			New-Cræsus			N° 1457
E-XIX. — Or			Langlaagte Royal			N° 1458
1° <i>Gîtes filoniens</i>			Crown deep			N° 1459
Cunapiru (Urugay). N° 1249			Robinson			N° 1460
2°, 3°, 4° <i>Gîtes sédimentaires</i>			Ferreira			N° 1461
Rip (Battery reef) (Trans- vaal). N° 1485			Wemmer			N° 1462
Teutonia Mine (Transvaal). N° 1486			City and Suburban			N° 1463
Witpoortje » N° 1487			Wolhuter			N° 1464
Odessa » N° 1488			Nourse deep			N° 1465
Edinburgh » N° 1489			New Heriot			N° 1466
Langlaagte Estate » N° 1490			Jumpers			N° 1467
Crown reef » N° 1491			Rose deep			N° 1469
Robinson » N° 1492			Geldenhuis			N° 1468
Ferreira » N° 1493			Blinkpoort			N° 1452
Wemmer » N° 1494			Simmer and Jack			N° 1470
Village Main reef » N° 1495			Witwatersrand Mine			
Royal (Salisbury Extension) » N° 1496			(Knights)			N° 1471
Metropolitan » N° 1497			Balmoral			N° 1472
May Consolidated » N° 1498			Comet (East rand)			N° 1473
Balmoral (anc ^t Gar- dner) » N° 1499			Angelo			N° 1474
Ginsberg » N° 1500			Chimes			N° 1475
Van Ryn » N° 1501			Van Ryn			N° 1476
Du Preez reef » N° 1502			Modderfontein			N° 1477
Zuurbult reef »			Nigel			N° 1479
(Dorn Kop) » N° 1503			Heidelberg			N° 1480
Madeline » N° 1504			Rietfontein			N° 1478
Droogheuvel » N° 1505			Orion			N° 1481
<hr/>			Midas			N° 1482
			Buffelsdorn			N° 1483
<hr/>			<hr/>			
VITRINES CENTRALES			TROPHÉES			
I. — Mercure. — Argent. — Or			I. — Argent			
Côte du Pacifique (É.-U.). N° 1648			Comstock (Nevada).			
<hr/>			Buena Esperanza (Chili).			
II. — Or			II. — Or			
Witwatersrand (Transvaal)			Moro Velho (Brésil).			
(coupe géologique du). N° 1450			Passagem (Brésil).			
Rip (Transvaal). N° 1451			Pary (Brésil).			
<hr/>			<hr/>			
			III. — Mercure			
			New Almaden (Etats-Unis).			

NOMENCLATURE

PAR

P A Y S

ET PAR

SUBSTANCES MINÉRALES

ALGÉRIE		<i>Onyx</i>	
Aluminium		Aïn Sba (Oran).	Am. XVIII
Petite-Kabylie.	Bm. XVIII (*)	Djebel Taffat (Const.).	Am. XVIII
		Tekbalet (Oran).	Am. XVIII
Antimoine		Carbone	
Aïn Babouch (Const.).	Dt. II (**)	<i>Bitume</i>	
El Greso (Constantine).	Dt. II	Aïn Zeft-Dahra (Oran).	Am. VI
Tebitga »	Dt. II	Chrome	
Calcium		Euch-el-Bez (Const.).	Bm. IX
<i>Pierres lithographiques</i>		Cuivre	
Ravin bleu près Batna.	Am. XVI	<i>Pyrites de Cuivre</i>	
<i>Gypse</i>		Abla (Oran).	Cm. IV
Amoura.	Am. XVII	Achaïches (Constantine).	Cm. X
Beni Mimoun (Const.).	Am. XVII	Aïn Barbar (Const.).	Cm. IV
Beni Saf (Oran).	Am. XVII	Beni Mimoun »	Cm. IV
Bou Thelis »	Am. XVII	Cap Tenez (Alger).	Cm. IV
Christel »	Am. XVII	Cheraïa (Constantine).	Cm. IV
Fleurus »	Am. XVII	Djebel Hadid (Alger).	Cm. IV
Harrouch »	Am. XVII	Gorges de Rigas (Alger).	Cm. X
Karombo »	Am. XVII	Kef-oum-Teboul (Const.).	Cm. IV
Mers-el-Khebir »	Am. XVII	La Calle (Constantine).	Cm. X
Milah (Constantine).	Am. XVII	Mouzaïa (Alger).	Cm. IV
Rovigo (Alger).	Am. XVII	Oued Allelah (Alger).	Cm. IV
Zerouala (Pet.-Kabylie).	Am. XVII	Oued bou Allou »	Cm. IV
Marbres		Oued Kebir »	Cm. IV
Djebel Chenouah (Alger).	Am. XVIII	Oued K'Seul (Oran).	Cm. IV
Djebel Orousse (Oran).	Am. XVIII	Oued Melah (Alger).	Cm. IV
Filfila (Constantine).	Am. XVIII	Oued Merdja »	Cm. IV
Sidi-Brahim (Oran).	Am. XVIII	Ravin du Hadjail »	Cm. X
		Soumah »	Cm. X

(*) Bm. XVIII signifie Salle B, vitrine murale XVIII. (Se reporter pour trouver le numéro de la collection à la nomenclature précédente par ordre de classement.)

(**) Dt. II signifie Salle D, table d'embrasement II.

Cuivres gris

Beni Aquil (Alger).	Cm. XIV
Bled-El-Hammam (Constantine).	Cm. XIV
Boujam (Constantine).	Cm. XIV
Djebel Bekal (Const.).	Cm. XIV
Djebel Talouine (Const.).	Cm. XIV
Ghil-oum-Djinn (Const.).	Cm. XIV
Gourraya (Alger).	Cm. XIV
Kaudirou (Constantine).	Cm. XIV
Mouzaïa (Alger).	Cm. XIV
Oued Allelah »	Cm. XIV
Oued Bounan »	Cm. XIV
Oued Sidi Rhibir »	Cm. XIV
Sidi-bou-Aissi. »	Cm. XIV
Tadergount (Constant.).	Cm. XIV
(Petite-Kabylie).	Cm. XVI

Fer

Aïn Oudrer (Alger).	Bm. XI
Aïn Sadouna »	Bm. XVI
Aïn Sedma (Const.).	Bm. I
Bab M'Teurba (Oran).	Bm. XIV
Beni Mimoun (Const.).	Bm. XI
Beni Aquil (Alger).	Bm. XVI
Beni Saf (Oran).	Bm. XIV
Bouïnan (Alger).	Bm. XVI
Camerata (Oran).	Bm. XI
Cap Tenez (Alger).	Bm. XVI
Chabet Queraï.	Bm. XI
Djebel Hadid (Alger).	Bm. XVI
Djebel Temoulga (Alger).	Bm. XV
Douar Medjadja.	Bm. XI
Gouraya (Oran).	Bm. XVI
Kandirou (Constantine).	Bm. XV
Larrhat (Alger).	Bm. XVI
Meboudga (Constantine).	Bm. I
Messelmoun »	Bm. XVI
Mokta-el-Hadid (Const.).	Bm. XII
Maouaria (Constantine).	Bm. XI
M'rabdine (Alger).	Bm. XI
Ouarsenis (Alger).	Bm. XV
Oued Djer »	Bm. XVI
Oued Rouina »	Bm. XV
Ouled Nouar (Const.).	Bm. XI
Sidi Saf (Oran).	Bm. XV

Sidi Sliman (Alger).	Bm. XV
Soumah »	Bm. XVI
Tazout (Oran).	Bm. XV
Yeffi »	Bm. XVI
Zaccar Rharba (Alger).	Bm. XV

Fluor

Gar Rouban (Oran).	Am. III
--------------------	---------

Magnésium

Aïn Sedma (Constantine).	Am. XIV
Beni Saïd (Constantine)	Am. XIV

Manganèse

Azib Zamoun (Alger).	Bt. I
Bouzarea (Alger).	Bt. I
La Couraya (Const.).	Bt. I
Voile Noiro (Const.).	Bt. I

Mercure

Aïn K'Sar (Constantine).	Et. I
Oued Boughi (Constantine).	Et. II
Ras-Elma (Constantine).	Et. II
Tyghit-Saygta »	Et. I

Phosphore

Djebel Tadjera.	Am. XII
Djebel Toumaï.	Am. XI
Inkermann.	Am. XII
Souk Ahras.	Am. XII

Plomb

Arrouach (Alger).	Dm. XIX
Bouzareah. »	Dm. XIX
Djebel Masser (Oran).	Dm. XIX
La Calle (Constantine).	Dm. XIX
El Aminia »	Dm. XIX
Pointe Pescade (Alger).	Dm. XIX
Sidi Camber (Const.).	Dm. XIX
Tazout (Oran).	Dm. XIX

Plomb et Divers

Aïn Abessa (Const.).	Dm. XV
Akroub (Alger).	Dm. XV
Beni Mimoun (Const.).	Dm. XV
Bir Beni Salah (Const.).	Dm. XV
Bou Taleb (Constantine).	Dm. XV
Cavallo »	Dm. XV

Coudiat Resas (Oran).	Dm. XV
Dalmatie (Alger).	Dm. X
Dar-el-Hamoud (Const.).	Dm. XV
Djebel Masser (Oran).	Dm. XV
Gar Rouban »	Dm. XV
Gar-el-Kohol (Const.).	Dm. XV
Guerrouma (Alger).	Dm. XV
Maazis (Oran).	Dm. XV
Melousla (Constantine).	Dm. XV
Nador Sheir (Alger).	Dm. XV
Ouarsenis »	Dm. XV
Oued Bordja »	Dm. XV
Oued Rehan »	Dm. XX
Sidi Arama (Oran).	Dm. XV

Sodium

Djebel Sanari.	Am. XIV
Milah (Constantine).	Am. XIII
El Outaya »	Am. XIII
Ouled Khebed. »	Am. XIII

Zinc

Aïn Barbar (Constantine).	Dm. V
Aïn Safra »	Dm. V
Gharbou »	Dm. I
Djebel Fillaoucen (Oran).	Dm. V
Djebel Masser »	Dm. V
Djendeli (Constantine).	Dm. V
Guerrouma (Alger).	Dm. V
Hamman N'bails (Const.).	Dm. V
Hamimat Arks (Const.)	Dm. V
Kalaa K'bail (Oran).	Dm. V
Maazis »	Dm. V
Ouarsenis (Alger).	Dm. V
Sakamody »	Dm. IV
Constantine.	Dm. V

ALLEMAGNE**Aluminium**

Sarreguemines (Lorr.).	Bm. XVIII
------------------------	-----------

Arsenic

Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace).	Dt. II
-------------------------------------	--------

Calcium*Pierres lithographiques*

Solenhofen (Bavière).	Am. XVI
-----------------------	---------

Tome X, 1896.

Carbone*Ambre*

Samland (Prusse).	Am. V
-------------------	-------

Cobalt

Schneeberg (Saxe).	Bt. II
--------------------	--------

Cuivre

La Sarre (Lorraine).	Cm. VI
Mansfeld (Saxe).	Cm. XX
Rammelsberg (Hanovre.)	Cm. XX
Schirmeck (Alsace).	Cm. XX

Étain

Altenberg (Saxe).	Ct. II
-------------------	--------

Fer

La Sarre (Lorraine).	Bm. XIII
Neunkirchen (Prusse rhénane).	Bm. XIII
Tarnowitz (Silésie).	Bm. XIV
Silésie.	Bm. V

Manganèse

La Sarre (Lorraine).	Bt. I
----------------------	-------

Phosphore

Eckholshausen (Nassau).	Am. XI
-------------------------	--------

Potassium

Stassfurt (Anhalt).	Am. XIII
---------------------	----------

Plomb

Mechernich (Eifel).	Dm. XXI
Saint-Avold (Lorraine).	Dm. XXI

Plomb et Divers

Bords du Rhin (Prusse rhénane).	Dm. IX
Eimgheir (Saxe).	Dm. XIII
Goldberg (Silésie).	Dm. XII
La Sarre (Lorraine).	Dm. XIII
Le Harz (Hanovre).	Dc. II
Saxe (Freyberg, etc.).	Dc. I

Strontium*Strontianite*

Ahlen (Westphalie).	Am. XIV
---------------------	---------

Zinc

Andreasberg (Hanovre).	Dm. I
Tarnowitz (Silésie).	Dm. VIII

ANNAM**Or**

Bong-Mieû (Quan-Nahm). Em. XVI

Zinc

Duc-Bô (Quan-Nahm). Dm. I

ANTILLES*Curaçao***Phosphore**

Am. XII

Phosphore

Navassa.

Am. XII

ARGENTINE (République)**Argent**

Mendoza et Rioja. Em. I

CuivreRosario, Catamarca, San
Juan, etc. Cm. VIII**Manganèse**

San Luiz. Bt. I

Plomb

Mendoza et Rioja. Dm. XIX

AUSTRALIE**Bismuth**

Adelaïde. Dt. III

Cuivre

Burra-burra. Cm. IX

OrGympie (Queensland). Em. XVII
Simmon's reef. Em. XVII**AUTRICHE****Aluminium***Argiles réfractaires*
(Bohême). Bm. XVIII**Calcium***Pierres à ciment*

Trifail (Styrie). Am. XVI

Gypses

Echternach. Am. XVII

Leogang (Salzbourg). Am. XVII

Carbone*Graphite*

Krummau (Bohême). Am. V

Lignite

Ellnbogen. Am. V

Pétrole

Boryslaw (Galicie). Am. V

Ozocérîte

Boryslaw Galicie). Am. V

Cuivre

Brixleys (Tyrol). Cm. XVI

Leogang (Salzbourg). Cm. V

Svatz (Tyrol). Cm. XVI

Fer

(Croatie). Bm. V

Mercure

Idria (Carniole). Em. XX

Idria » Em. XX

Idria » Em. XX

Littai » Et. I

Potocnig » Et. I

Or

Eule (Bohême). Em. XVIII

Plomb et Divers

Bleiberg (Carinthie). Dm. XII

Sodium*Sel gemme*

Berchtesgaden (Tyrol). Am. XIII

Soufre

Swordrowitz (Galicie). Am. II

BELGIQUE**Baryum***Barytine*

Fleurus. Am. XIV

Phosphore	
Ciply (Hainaut).	Am. XI
Zinc	
Vieille - Montagne (Moresnet).	Dm. VIII

BOLIVIE

Argent	
Cerro del Pasco.	Em. II
Oruro.	Em. IV
Cuivre	
	Cm. V
	Cm. V
Étain	
Chorulque (Chuchas).	Ct. II
Oruro.	Ct. II

BRÉSIL

Carbone	
Diamant	
Diamantina (Minas Geraes).	Am. III
Bahia (Bahia).	Am. III
Salobro (Bahia).	Am. IV
Fer	
	Bm. XII
Or	
Barra (Minas Geraes).	Em. XIII
B. d'Alfié »	Em. XII
Carapatos »	Em. XIII
Cuiaba »	Em. XI
Joao Julio d'Ahrarenga (Minas Geraes)	Em. XIII
Maquiné (Minas Geraes).	Em. XIII
Moro Velho »	Em. XII
Pacientia »	Em. XII
Pary »	Em. XIII
Passagem »	Em. XI
Rapazos »	Em. XI
Sao Bento »	Em. XIII
Sao Luiz »	Em. XII
Tinoco »	Em. XII
Vasada »	Em. XII
Alluvions	Em. XIV

CAMBODGE

Calcium	
<i>Marbres</i>	
Pursatt.	Am. XVIII

CANADA

Cuivre	
Acton.	Cm. V
Phosphore	
<i>Apatite</i>	
Buckingham (Québec).	Am. IX

CAP (Le)

Carbone	
<i>Diamant</i>	
Kimberley.	Am. IV
Kimberley (Mine).	Am. IV

Cuivre

Cm. XIX

CHILI

Argent	
Veterand.	Em. IV
Bore	
	Am. III
Calcium	
<i>Gypse</i>	
Copiapo.	Am. XVII
Cobalt	
El Binta (Coquimbo).	Bt. II
Cuivre	
Descugano (Bacuto).	Cm. X
Tamaya	Cm. VI
Fer	
	Bm. V
Mercure	
	Et. II
Or	
S. Domingo de la Pena.	Em. XVII
Plomb	
Charnacillo.	Dm. XIII

CHINE**Fer**

Bm. VI

Mercure

Et. II

ESPAGNE**Aluminium***Argiles réfractaires*

Biso.

Bm. XVIII

Antimoine

Almuradiel (Ciudad Real) Dt. I

Argent

Sierra Almagrera (Almeria).

Em. VIII

Cuivre*Chalcopirite*

Barrancanès (Andalousie). Cm. XI
 Estrella, etc. (Madrid). Cm. VII
 Negrita (Sierra Morena). Cm. XI
 Rio Tinto (Huelva). Cm. XI
 Tolède (N^{lle}-Castille). Cm. V.
 Xérès-Lanteira (Andalousie). Cm. V.

Cuivre gris

Sierra Nevada (Grenade). Cm. XV
 Torre de las Siete Esquinas (Andalousie). Cm. XV
 (Valence). Cm. XV

Étain

Pentes (Galice). Ct. III
 Penuta (Galice). Ct. II
 San Manuel (Galice). Ct. II

Fer

Somorrostro (Biscaye). Bm. XVI

Mercure

Almaden (Ciudad Real). Et. I
 Calahorra (Grenade). Et. I
 Mières-Oviedo (Asturies). Et. II

Phosphore*Phosphoriles*

Belmez. Am. X
 Cacerès (Cacerès). Am. X
 Logrosan (Estramadure). Am. X
 Penafior. Am. X

Plomb

Aquilas (Andalousie). Dm. XIX
 Horcajo (Ciudad Real). Dm. XVII
 Mensula. Dtr. II
 Sierra de Carthagène (Murcie). Dm. XVIII
 Union (Murcie). Dm. XVIII
 (Madrid). Dm. XIX

Sodium*Glaubérite*

Cienpozuelos. Am. XIV

Zinc

Calavera (Guipuzcoa). Dm. VII
 Linarès (Jaen). Dm. VII
 Picos de Europa (Astur.) Dm. I
 Picos del Pando (Astur.) Dm. I
 Reocin (Asturies). Dm. VI
 San Narciso (Guipuzcoa). Dm. VII

ÉTAT LIBRE D'ORANGE**Carbone***Diamant*

Jagers and Coffee Fontein. Am. IV

ÉTATS-UNIS**Aluminium***Kaolins*

Bm. XVIII

Antimoine

Sierra Nevada. Dt. I

Argent

Alice Mine (Montana). Em. IV
 Austin (Nevada). Em. III
 Bingham (Utah). Em. III
 Cachis (Utah). Em. II

Castletown.	Em. II
Chatanque Mine (Nev.).	Em. II
Comstock (Nevada).	Em. I
Comstock (Nevada).	Em. I
Daily and Alliance (Utah).	Em. II
Drumlummin.	Em. II
Georgetown and Carribou (Colorado).	Em. III
Jubilu.	Em. II
Leadville (Colorado).	Em. III
Mammoth Mine (Utah).	Em. III
Mollie Gibson (Colorado).	Em. II
Motherlode (Californie).	Em. II
Silver King (Arizona).	Em. II
Bore	
Columbus (Californie).	Am. III
San-Francisco (Calif.).	Am. III
Calcium	
<i>Pierres à ciments</i>	
Balcony-Falls (Virginie).	Am. XVI
Carbone	
<i>Graphite</i>	
Raleigh (Caroline du N.).	Am. V
Sonoma County (Calif.).	Am. VI
Tuolumne County (Calif.).	Am. V
<i>Bitumes</i>	
Buena-Vista (Californie).	Am. VI
Sandstone »	Am. VI
Sandstone »	Am. VI
<i>Cannel Coal</i>	
Albert-Mine (New Brunsw- wick).	Am. VI
<i>Boghead</i>	
Makarka (Iowa).	Am. VI
Chrome	
Baltimore.	Bm. IX
Shasta (Californie).	Bm. IX
Cuivre	
Alleghany (Virginie).	Cm. VIII
(Californie).	Cm. VIII
Cooper-Queen (Arizona).	Cm. VIII
Ducktown (Tennessee).	Cm. VIII
Lac Supérieur (Michigan).	Cm. XVII

Lac Supérieur (Michigan).	Cm. XVIII
Lac Supérieur »	Cm. XIX

Fer

Devil's head Mountain (Colorado).	Bm. XI
Lac Champlain (New- York).	Bm. X
Lac Supérieur (Michigan).	Bm. XII
Lac Supérieur »	Bm. XII

Mercure

New-Almaden (Calif.).	Et. II
-----------------------	--------

Or

Alleghany (Virginie).	Em. XIV
Boulder County (Color.).	Em. XIV
Bradshaw (Arizona).	Em. XVII
(Californie).	Em. XV
Carlisle (New-Mexico).	Em. XVII
(Colorado).	Em. XVII
Cripple-Creek (Colorado).	Em. XIV
Mammoth-Mine (Utah).	Em. XIV
Mayflower-Mine (Calif.).	Em. XIV
Highland (Dakota).	Em. XIV
Sheridan-Mine (Idaho).	Em. XIV

Or. — Mercure. — Argent

Côte du Pacifique (Calif.).	Ec. I
-----------------------------	-------

Phosphore*Phosphates de chaux*

Charlestown (Caroline du Sud).	Am. XII
Floride.	Am. XII

Plomb

Bunker and Sullivan (Idaho).	Dm. XVI
(Virginie).	Dm. XIX

Silicium*Ardoises*

Buckingham.	Am. VIII
Piscataquis.	Am. VIII

Titane

Dear-Park (Maryland).	Bm. IX
Rocks-Springs (Maryl.).	Bm. IX

FRANCE**Aluminium****Kaolins**Saint-Yrieix(H^{te}-Vienne). Bm. XVIII**Argiles réfractaires**

Le Teil (Ardèche). Bm. XVIII

BauxitesLes Baux (B^{che}-du-Rh.). Bm. XVIII

Morre (Hérault). Bm. XVIII

Villevayrac (Hérault). Bm. XVIII

Antimoine

Barlet (Haute-Loire). Dt. II

Chanac (Corrèze). Dt. I

Chazelles (Haute-Loire). Dt. II

Chazelles (Puy-de-Dôme) Dt. II

Freycenet (Haute-Loire). Dt. II

Granagiolo (Corse). Dt. I

Huelgoat (Finistère). Dt. II

La Licoulne (H^{te}-Loire). Dt. I

La Fage (Haute-Loire). Dt. II

Le Genest (Mayenne). Dt. I

Miria-Cap Corse (Corse). Dt. I

Nades (Allier). Dt. II

Racles (Puy-de-Dôme). Dt. II

Tailhac (Haute-Loire). Dt. II

Arsenic

Bonnac (Cantal). Dt. II

Baryum

La Malou (Hérault). Am. XIV

Bismuth

Meymac (Corrèze). Dt. III

Calcium**Pierres à bâtir**

Divers. Am. XV

Pierres à chaux

Les Moulineaux (Seine). Am. XVI

Pierres à ciment

Corbigny (Nièvre). Am. XVI

St-Victor-la Coste (Gard). Am. XVI

Craie

Meudon (Seine). Am. XVI

Pierres lithographiques

Bancs-Rouges (Gard). Am. XVI

Aragonite

Dannemarie (Eure-et-L.). Am. XVI

Gypse

Palaiseau (S.-et-O.). Am. XVII

Villebon (Seine-et-Oise). Am. XVII

Yvette (Vallée de l')
(Seine-et-Oise). Am. XVII**Marbres**Aureilles (B^{che}-du-Rh.). Am. XVIII

Castéra-Vertujan(Drôme) Am. XVIII

Labarthe. Am. XVIII

Saint-Béat (H^{te}-Garonne). Am. XVIIIVallée d'Ossau (B^{che}-Pyr.). Am. XVIII

Villapourçon (Nièvre). Am. XVIII

Carbone**Bitumes**Pont-du-Château (Puy-
de-Dôme). Am. VI

Seyssel-Belley (Ain). Am. VII

Schistes bitumineux

Autun (Saône-et-Loire). Am. VII

Bois d'Asson (B^{che}-Alpes). Am. VI

Buxière-la-Grue (Allier). Am. VII

Menat (Puy-de-Dôme). Am. VII

Chrome

Les Ecouchets (S.-et-L.). Bm. IX

Cobalt

Allemont (Isère). Bt. II

CuivreAccous (B^{che}-Pyrénées). Cm. VI

La Malou (Hérault). Cm. IX

Paderm (Aude). Cm. XIV

Ponte - alla - Lecchia
(Corse). Cm. II

Prugne (La) (Allier). Cm. II

Étain

Montebras (Creuse). Ct. II

Penestin (Morbihan). Ct. III
 Piriac (Loire-Inférieure). Ct. III
 Vaulry (Haute-Vienne). Ct. III
 Villeder (Morbihan). Ct. II

Fer

Ainhoa (B^{as}-Pyrénées). Bm. VI
 Allevard (Isère). Bm. VI
 Argut (H^{aut}-Garonne). Bm. VI
 Aubin (Aveyron). Bm. XIII
 Bezenet (Allier). Bm. XIII
 Bordezac (Gard). Bm. XIV
 Briey (Meurthe-et-Mos.). Bm. XIV
 Chalindrey (H^{aut}-Saône). Bm. XV
 Château-Verdun (Ariège). Bm. VII
 Chavigny (M^{os}-et-Mos.). Bm. XV
 Diélette (Manche). Bm. XII
 et XIII
 Exincourt (Doubs). Bm. XVI
 Fillols (Pyr.-Orient.). Bm. VIII
 Fins. Bm. XIII
 Flogny (Yonne). Bm. XVI
 Framont (Vosges). Bm. XI
 Fumel (Tarn). Bm. XIV
 Gimouille (Nièvre). Bm. XV
 Hayange (M^{os}-et-Mos.). Bm. XV
 Izenay (Nièvre). Bm. XV
 Latour-Batère (Pyr.-Or.). Bm. VI
 Lavoulte (Ardèche). Bm. XV
 Mazonay (S.-et-Loire). Bm. XV
 Merzelet (Ardèche). Bm. XIV
 Mondalazac (Aveyron). Bm. XV
 Monts-en-Ternois (Pas-
 de-Calais). Bm. XVI
 Ougney (Jura). Bm. XV
 Portes (Gard). Bm. XIII
 Pourain (Yonne). Bm. XVI
 Prades (Pyr.-Orientales). Bm. VIII
 Privas (Ardèche). Bm. XV
 Rancié (Ariège). Bm. VII
 Rivernert (Ariège). Bm. VI
 Saligny (Allier). Bm. XIV
 Saint-Eloy (Allier). Bm. XIII
 Saint-Florent (Cher). Bm. XVI
 St-Pancré (M^{os}-et-Mos.). Bm. XV
 Saint-Priest (Ardèche). Bm. XV
 Saumane (Gard). Bm. XI

Segré (Maine-et-Loire). Bm. XII
 Thostes et Beauregard
 (Côte-d'Or). Bm. XIV
 Vassy (Haute-Marne). Bm. XV
 Vaussu Jean (Creuse). Bm. XI
 Veyras (Ardèche). Bm. XV

Fluor

Langeac (Haute-Loire). Am. III
 Marsanges (H^{aut}-Loire). Am. III
 G^{de} Vernissière (Gard). Am. III
 Urson (Puy-de-Dôme). Am. III

Manganèse

Aderville (H^{aut}-Pyrénées). Bt. I
 Argut (Haute-Garonne). Bt. I
 Las Cabesses (Ariège). Bt. I
 Mayet-en-Montagne
 (Allier). Bt. I
 Rimont (Ariège). Bt. I
 Romanèche (S.-et-Loire). Bt. I
 Saint-Quentin (Aisne). Bt. I

Mercure

La Chapelle-en-Juger. Et. I

Nickel

Les Challanches (Isère). Bt. II

Or

La Gardette (Isère). Em. XVI
 Lyon (Env. de) (Rhône). Em. XVI

Phosphore*Phosphorites*

Quercy (Lot et Tarn-et-
 Garonne). Am. X

Phosphates de chaux

Beauval (Pas de-Calais). Am. XI
 Cuhevilliers (Somme). Am. XI
 Gourbesville et Orglandes
 (Manche). Am. XII
 Grandpré (Ardennes). Am. XI
 Hardivilliers (Oise). Am. XI
 Lirac et Tavel. Am. XI
 Montigny-sur-Armançon
 (Côte-d'Or). Am. XI
 Quissac (Gard). Am. XI

Plomb

Belmont (Haute-Loire).	Dm. XX
Chausse (Haute-Loire).	Dm. XX
Genolhac.	Dt. II
Grand-Clos (H ^{tes} -Alpes).	Dm. XVII
Huelgoat (Finistère).	Dm. XIV
Poullaouen (Finistère).	Dm. XIV
Prades (Haute-Loire).	Dm. XX
Sestrade (Corrèze).	Dm. XIX
Tailhac (Haute-Loire).	Dm. XX
Vialas (Lozère).	Dm. XV

Plomb et Divers

Abères (Ariège).	Dm. XIII
Arre (Basses-Pyrénées).	Dm. XII
Baume près Villefranche (La) (Aveyron).	Dm. XVI
Caderles (Gard).	Dm. XVI
Dadou (Tarn).	Dm. XVI
Ferrusac (Haute-Loire).	Dm. XVI
Pontpéan (Ille-et-Vil.).	Dm. XIV
S ^t -Pal-des-Murs (Haute- Loire).	Dm. XVI

Silicium*Tripoli*

Marsanne (Drôme).	Am. VIII
Menat (Puy-de-Dôme).	Am. VIII

Granite

(Vosges).

Dielette et Flamanville (Manche).	Am. VIII
--------------------------------------	----------

Amiante

Mont-du-Lys (H ^{tes} -Gar.).	Am. VIII
Pietra Mala (Corse).	Am. VIII

Pierres à aiguiser

Caen (env. de) (Calvados).	Am. VIII
----------------------------	----------

Talc

La Garde (Isère).	Am. VIII
La Voute Chilhac (Haute- Loire).	Am. VIII

Soufre

Bagnères-de-Luchon (H ^{tes} - Pyrénées).	Am. II
Mayet - en - Montagne (Allier).	Am. III

Saint-Bel (Rhône).	Am. III
Saignon (Vaucluse).	Am. II
Saint-Béat (H ^{tes} -Garonne).	Am. II
Saint-Martin de Renacas (Basses-Alpes).	Am. II
Tapet près Apts (Vaucl.).	Am. II

Strontium*Célestine*

Condorcet.	Am. XIV
Vigan (Gard).	Am. XIV
(Gard).	Am. XIV

Tungstène

Bonnac (Corrèze).	Bm. IX
Meymac (Corrèze).	Bm. IX
Puy-les-Vignes (H ^{tes} -V.).	Bm. IX
Vaulry (Haute-Vienne).	Bm. IX

Uranium

Montcenis (S.-et-Loire).	Bm. IX
--------------------------	--------

Zinc

Clairac (Gard).	Dm. V
La Voute-Chilhac (Haute- Loire).	Dm. I
Les Malines (Gard).	Dm. VI
Maudesse (Gard).	Dm. V
Saint-Julien près Alais (Gard).	Dm. V
Saint-Laurent-le-Minier (Gard).	Dm. VI
Sgudicato.	Dm. I

GRANDE-BRETAGNE**Calcium***Craie*

Sandgate (Sussex).	Am. XVI
--------------------	---------

Carbone*Boghead*

Bathevale (Ecosse).	Am. VI
---------------------	--------

Étain

Dolcoath (Cornwall).	Ct. I
Mellenaer (Cornwall).	Ct. I
Carn Brea, etc. (Cornwall).	Ct. I

Fer
Parkside (Cumberland). Bm. XIII

Fluor
(Derbyshire). Am. III
(Nottinghamshire). Am. III

Plomb
Frongoch Mine (South-
Wales). Dm. XIX
L'lanidloes (South Wales) Dm. XIX

Tungstène
East Pool (Cornwall). Bm. IX

GRÈCE

Aluminium

Emeri

Naxos Bm. XVIII

Chrome

Skyros Bm. IX

Cuivre

Morée. Cm. IX

Fer

Seriphos. Bm. XII

Magnésium

Giobertite

Mandoudi (Ile d'Eubée). Am. XIV

Magnésite

(Corinthe). Am. XIV

Plomb

Laurium. Dm. XIX

Zinc

Laurium. Dm. II

Laurium. Dtr. I

Laurium Bc. II

GROENLAND

Aluminium

Cryolithe

Evigtok. Bm. XVIII

Carbone

Graphite

Amenak. Am. V

Julianshaab

Risikoh.

Jayet

Suderoe.

Am. V

Am. V

Am. V

HONGRIE

Aluminium

Alumite

Bereghszasy. Bm. XVIII

Antimoine

Brieser Maulh. Dt. I

Iglo. Dt. I

Lubella. Dt. II

Argent

Rodna. Em. VII

Urvolgy. Em. VII

Calcium

Gypses

Iglo. Am. XVII

Marbres

(Transylvanie). Am. XVIII

Cobalt

Dobschau. Bt. II

Cuivre

Csiklova. Cm. X

Gollnitz. Cm. III

Slovenka. Cm. XII

Fer

Brasso. Bm. III

Dobschau. Bm. VI

Kotterbach. Bm. III

Libethbanya. Bm. III

Marmaros Sziget. Bm. II

Moravicza. Bm. II

Rohnicz. Bm. III

Rimamurany. Bm. III

Tiszolez. Bm. II

Mercure

Dumbrava. Et. I

Or

Nagyag. Em. XVII

Offenbanya. Em. XVII

Verespatak. Em. XVII

Plomb et Divers		Ozocérîte	
Schemnitz.	Dm. X		Am. V
Schemnitz.	Dm. XI	Cobalt	
Schemnitz.	Dm. XII	Usseglio (Piémont).	Bt. II
Schemnitz (Champ de fractures).	Dc. III	Cuivre	
Silicium		Boccheggiano (Toscane).	Cm. II
Mica		Monte Catini »	Cm. I
Tajova.	Am. VIII	Monte Catini »	Cm. II
Sodium		Rocca Tederighi »	Cm. II
Sel gemme		Terricio (Toscane).	Cm. II
Maros Ujvar.	Am. XIII	Étain	
Ronaszet.	Am. XIII	Campiglia (Toscane).	Ct. III
Solgatayan.	Am. XIII	Fer	
	Am. XIII	Calamita (Ile d'Elbe).	Bm. XVII
		Traverselle (Piémont).	Bm. III
		Traverselle »	Bm. III
		Traverselle »	Bm. IV
		Traverselle »	Bm. IV
		Manganèse	
		Capo Rosso (Sardaigne).	Bt. I
INDE		Mercure	
Chrome		Siele (Toscane).	Et. II
	Bm. IX	Or	
ITALIE		Alagna (Piémont).	Em. XVI
Aluminium		Pestarena »	Em. XVI
Alumite		Val Troppa »	Em. XVI
La Tolfa (Rome).	Bm. XVIII	Plomb et Divers	
Antimoine		Vals Trompia et Susina	
Monte-Cavallo (Toscane).	Dt. I	(Lombardie).	Dm. XVI
Niedores Flumines		Sodium	
(Sardaigne).	Dt. II	Sel marin	
Rosia (Toscane).	Dt. I	Pampinello (Sicile).	Am. XIV
Su Suergin (Sardaigne).	Dt. II	Soufre	
Argent		Solfares	
Monte-Narba (Toscane).	Em. VIII	Pampinello (Sicile).	Am. II
Sarrabus (Sardaigne).	Em. V	San Cataldo Sicile).	Am. II
Sarrabus »	Em. V	Villarosa (Sicile).	Am. II
Sarrabus »	Em. VI	Solfatares	
Sarrabus »	Em. VI	Lac Bolzano (Rome).	Am. II
Sarrabus »	Em. VII		
Carbone			
Asphalte			
Letto Manopello (Abbr.).	Am. VII		
Val Romano (Abruzzes).	Am. VII		

Naples. Am. II
Palerme (Sicile). Am. II

Strontium*Célestine*

Palerme (Sicile). Am. XIV

Zinc

Iglesias (Sardaigne). Dm. III

Malfidano (Sardaigne). Dm. IV

Monte Agruxau (Sardaigne). Dm. III

Monteponi (Sardaigne). Dm. III

JAPON**Argent**

Ikouno (Tajima). Em. IV

Calcium*Marbre*

Akiyoshi. Am. XVIII

Cuivre

Adakae. Cm. V

Kanagassi Cm. V

Sassagatani. Cm. V

Étain

Minasaka. Ct. III

Mercure

Yamato (Hirado). Et. II

Nickel

Owari. Bt. II

Or

Satsuna. Em. XVII

MALAISIE**Antimoine**

Sarawack (Bornéo). Dt. I

Cuivre

Côte occid^{ale} (Sumatra). Cm. V

Étain

Bangka. Ct. III

Billiton. Ct. III

Cleydang (Perak). Ct. III

Guntang (Perak). Ct. III

Perak. » Ct. III

Petai » Ct. III

Puloh Brani » Ct. III

MASHONALAND**Or**

Ayrshire (La Magondi). Em. XVII

MEXIQUE**Argent**

Santa Rosalia (Chihuahua). Em. X

La Calaverita (Durango). Em. VIII

San Rafael Penoles

(Durango). Em. VIII

(Jalisco). Em. VIII

(Mexico). Em. VIII

Tepic (Mexico). Em. VIII

(Michoacan). Em. VIII

(Oajaca). Em. VIII

(Puebla). Em. VIII

Santa Inez (Queretaro). Em. VIII

(San Luis de Potosi). Em. VIII

(Sinaloa). Em. X

(Sonora). Em. VIII

(Zacatecas). Em. IX

(Zacatecas). Em. X

Calcium*Gypses*

Huchuctlan (Puebla). Am. XVII

Xicotlan (Puebla). Am. XVII

(Zacatecas). Am. XVII

Marbres

Posa del Norte (Chihuahua). Am. XVIII

Cuivre

Boleo (Basse-Californie). Cm. XXI

(Basse-Californie). Cm. XX

(Coahuila). Cm. XIV

La Nelfa Saint-André

(Durango). Cm. X

Tamazula (Jalisco). Cm. X

(Jalisco). Cm. XIV

Santa Cecilia (Mexico).	Cm. X
El Progreso (Michoacan).	Cm. XX
(Morelos).	Cm. XIV
Ilucyapan (Puebla).	Cm. X
(Sinaloa).	Cm. X
Alfredina Aryspe	
(Sonora).	Cm. X
Quintera (Sonora).	Cm. XIV
Rio Chico (Sonora).	Cm. XIV
Santa Barranca (Sonora).	Cm. X
(Zacatecas).	Cm. XIV

Fer

Cerro de Mercado	
(Durango).	Bm. V
Textillan (Oajaca).	Bm. V
(Zacatecas).	Bm. V
(Zacatecas).	Bm. V

Fluor

(Zacatecas).	Am. III
--------------	---------

Mercure

Et. II

Or

Guadalupe (Chihuahua).	Em. XVII
Pihuamo (Jalisco).	Em. XVII
Batopilas (Mexico).	Em. XVII
Rescate (Oajaca).	Em. XVII
Churianiodi (Sinaloa).	Em. XVII
(Sinaloa).	Em. XVII
Minas Prietas (Sonora).	Em. XVII

Phosphore

Ridonda.	Am. XII
----------	---------

Plomb

Parral (Chihuahua).	Dm. XX
Las Animas (Chihuahua).	Dm. XX
Santa Barbara (Chihuahua).	Dm. XX
(Coahuila).	Dm. XX
(Durango).	Dm. XX
(Jalisco).	Dm. XX
San Rafael (Mexico).	Dm. XX
(Morelos).	Dm. XX
Guadalupe (Nuevo Leon).	Dm. XX
San Pedro Morreley	
(Nuevo Leon).	Dm. XX

(Puebla).	Dm. XX
(Sinaloa).	Dm. XX
(Sonora).	Dm. XX
(Zacateras).	Dm. XX

Plomb et divers

(Durango).	Dm. XVI
(San Luis de Potosi).	Dm. XVI
(Sinaloa).	Dm. XVI
(Zacatecas).	Dm. XVI

Silicium**Quartz**

(Puebla).	Am. VIII
-----------	----------

Boule

(Zacatecas).	Am. VIII
--------------	----------

Opales

Am. VIII

Obsidienne

Zinaparo.	Am. VIII
(Puebla).	Am. VIII

Amiante

(Zacatecas).	Am. VIII
--------------	----------

Vanadium .

Charcas (San Luis de Potosi).	Dt. III
-------------------------------	---------

Zinc

Nostra Senora (Sinaloa).	Dm. I
Pastora (Jalisco).	Dm. I
(Zacatecas).	Dm. I

NORWÈGE**Argent**

Kongsberg.	Em. II
Kongsberg.	Em. II

Bismuth

Bleka (Telemarka).	Dt. III
--------------------	---------

Cuivre

Røraas.	Cm. XII
---------	---------

Fer

Côte d'Arendal.	Rm. I
-----------------	-------

Nickel	
Bamble.	Bt. II
Ringerike.	Bt. II
Phosphore	
<i>Apatites</i>	
Kragerö (Wedestrand).	Am. IX
Oddegarden.	Am. IX
Silicium	
<i>Quartz</i>	
Aanderud.	Am. VII
<i>Feldspaths</i>	
Aanderud.	Am. VIII
Cekmeda Spelbe.	Am. VIII
Linnestad-Rawkestad.	Am. VIII
Linnestad.	Am. VIII
Odiiby Isek.	Am. VIII
<i>Pierres à aiguiser</i>	
Frederikstad.	Am. VIII
Frederikstad.	Am. VIII
Porsgrund.	Am. VIII
<i>Emeraude</i>	
Moss.	Am. VIII
Titane	
Egersund.	Bm. IX
Kragerö (Wedestrand).	Bm. IX
Kragerö (Wedestraud).	Bm. IX
<hr/>	
NOUVELLE-CALÉDONIE	
Carbone	
<i>Résine naturelle</i>	
Kaori (Gomme de).	Am. VII
Calcium	
<i>Pierres lithographiques</i>	
Ile Malo.	Am. XVI
Ile Sainte-Marie.	Am. XVI
Chrome	
Helene.	Bm. IX
Canala.	Bm. IX
Saint-Vincent.	Bm. IX
Cobalt	
Port-Bouquet.	Bt. II
Grande-Adelaïde.	Bt. II

Pilou.	Cm. III
 Mercure	
Nakely.	Et. I
 Nickel	
Canala, etc.	Et. II
 Plomb	
Meretrix.	Dm. XX
<hr/>	
NOUVELLE-ÉCOSSE	
 Or	
	Em. XVIII
<hr/>	
NOUVELLES-HÉBRIDES	
 Soufre	
Ile de Tana.	Am. II.
<hr/>	
NOUVELLE-ZÉLANDE	
 Argent	
Thames.	Em. IV
<hr/>	
PORTUGAL	
 Antimoine	
Sitio do Tojo.	Dt. II
Tapada do Padre.	Dt. II
 Carbone	
<i>Jayet</i>	
Cabo Mondezo	Am. V
 Cobalt	
Palhal.	Bt. II
 Cuivre	
Cabeca Alta.	Cm. X
Minaucas.	Cm. X
Tinoca.	Cm. VI
 Fer	
San Thiago (Alemtejo).	Bm. XII
 Silicium	
<i>Amiante</i>	
Arado da Castanheira.	Am. VIII
<hr/>	

ROUMANIE**Carbone***Pétrole*

Solontza (Bacau). Am. V

Bitume

Kampina (Buzeu). Am. VI

Sodium*Sel gemme*

Slanic (Buzeu). Am. XIII

RUSSIE**Aluminium***Argiles réfractaires*

Blatoush (Oural). Bm. XVIII

Couronne de Pologne
(Varsovie). Bm. XVIII**Carbone***Pétrole*

Bacou (Caucase). Am. V

ChromeBerezowsk (Sibérie). Bm. IX
(Oural). Bm. IX**Cuivre**Akthala (Caucase). Cm. IX
Bogoslowsk (Oural). Cm. III
Iekaterinenbourg (Perm). Cm. III**Fer**C... de Pologne (Varso-
vie). Bm. XIV
Dombrowa (Pologne). Bm. XIV
Elisabethpol (Caucase). Bm. XI
Les Lacs. Bm. XV
Tarnowitz (Pologne). Bm. XIV**Manganèse**

Kvirili (Caucase). Bt. I

Mercure

Nikitofka (Donetz). Et. II

OrBerezowsk (Oural orient.) Em. XV
Berezowsk (Oural orient.) Em. XVI**Phosphore**

Samorade (Orel). Am. IX

Platine

Njiné Taguil (Oural). Em. X

Plomb

Berezowsk (Oural orient.) Dm. XX

Zinc

Boleslaw (Pologne). Dm. VIII

SÉNÉGAL**Baryum**

Fendenka. Am. XIV

SIAM**Or**

K'Thong, K'Loi. Em. XVII

SUÈDE**Argent**

Sala. Em. II

Chrome

Roraas. Bm. IX

Cuivre

Fahlun. Cm. XIII

FerDannemora. Bm. X
Gellivara. Bm. X
Marnas. Bm. XI
Norberg. Bm. X
(Dalécarlie). Bm. XI
Divers et produits. Bc. I**Zinc**

Ammeberg. Dm. I

SERBIE**Chrome**

Bm. IX

Cuivre

Cm. XVI

Silicium*Obsidienne*

Poseravatz. Am. VIII

United main reef Roodepoort (Witwatersrand)

Von Ryn **Ec. II**

Van Ryn	»	Em. XIX
Village main Reef	»	Em. XIX
Vogelstruis	»	Ec. II
Wemmer	»	Ec. II
Wemmer	»	Em. XIX
Witpoortje	»	Em. XIX
Witwatersrand (Knights)		Ec. II
Witwatersrand (coupe géologique).		Ec. II
Wolhuter (coupe géologique).		Ec. II
Zuurbult reef (Doornkop) (Witwatersrand).		Em. XIX

Calcium

(Valais). Am. XVIII

Carbone

Asphalte

Porentruy (Neuchatel). Am. VII

Or

Gondo. Em. XVI

Sodium

Sel gemme

Bex (Neuchatel) **Am. XIII**

TONKIN

Antimoine

Ak-Koi. **Dt. 1**

Monk-hay. Dt. 1

Carbone

Graphite

Yen-baï. Am. V

Cuivre

Bien Dong (Lam). Cm. V

Zinc

Dong-Trieu. Dm 1

TRINIDAD**Carbone***Bitume*

Lac de la Braie. Am. VI

TUNISIE**Baryum***Barytine*

Djebel Slata. Am. XIV

Calcium*Gypse*

Djebel Ahmar. Am. XVII

Djebel Hammam. Am. XVII

Monastir. Am. XVII

Cuivre

Cheida. Cm. VI

Djebel Herruch. Cm. X

Fer

Djebel Hamrya. Bm. VI

Ganara Bm. VI

Kef Debba Bm. VI

Oued Zouara (Tabarca). Bm. XVI

Mercure

Djebel Oust. Et. II

Phosphore*Phosphates de chaux*

Djebel Seldja. Am. XI

Djebel Skarna. Am. XI

Djebel Stah. Am. XI

Zaouich-bou-Médine. Am. XI

Plomb

Bou Gournein. Dm. XVII

Djebba. Dm. XVII

Djebel Reças. Dm. XVII

Djebel Reças. Dm. XVII

Djebel Trozza (Kairouan) Dm. XVII

Djebilet-el-Kohol. Dm. XVII

Kranguet-et-Tout (Beja). Dm. XVII

Silicium*Quartz*

Djebel Khanil. Am. VIII

Bois silicifié

Am. VIII

Sodium*Sel gemme*

Coudiat Hamacina. Am. XIII

Zinc

Bou Gournein. Dm. IV

Djebel Reças. Dm. IV

Kranguet-el-Tout. Dm. IV

TURQUIE**Aluminium***Kaolins*

(Asie mineure). Bm. XVIII

Antimoine

Sazty-Déré (Smyrne). Dt. I

Bore*Pandermite*

Azizié (Sultan Cheir). Am. III

Carbone*Asphalte*

Mer Morte (Judée). Am. VII

Schistes bitumineux

Abou-Abla (Syrie). Am. VII

Chrome

(Asie-Mineure). Bm. IX

Magnésium*Magnésite*

Esky-Cheir (Asie-Min.) Am. XIV

Smyrne (Asie-Mineure). Am. XIV

Manganèse

Espié (Trébizonde). Bt. I

Or

Cab Tach (Karassi). Em. XVI

Plomb et Divers

Egri Aéré (Sarandjina). Dm. IX

URUGUAY

Or

Cunapiru (Tacuarembó). Em. XIX

VÉNÉZUÉLA

Or

El Callao.

Em. XIV

NOMENCLATURE

PAR

ORDRE ALPHABÉTIQUE

A.

Aanderud (Silicium).	Am. VIII(*)	Akthala (Cuivre).	Cm. IX
Aanderud (Silicium).	Am. VIII	Alagna (Or).	Em. XVI
Abères (Les) (Plomb).	Dm. XIII	Albert Mine (Carbone).	Am. VI
Abla (Cuivre).	Cm. IV	Alfié (B ^{ss} d') (Or).	Em. XII
Abou-Abla (Carbone).	Am. VII	Alfredina (Cuivre).	Cm. X
Adakæ (Cuivre).	Cm. V	Algérie (Aluminium).	Bm. XVIII
Accous (Cuivre).	Cm. VI	Alice mine (Argent).	Em. IV
Achaïches (Cuivre).	Cm. X	Alleghany (Cuivre).	Cm. VIII
Acton (Cuivre).	Cm. V	Alleghany (Or).	Em. XIV
Aderville (Manganèse).	Bt. I	Allemont (Cobalt).	Bt. II
Aguilas (Plomb).	Dm. XIX	Allevard (Fer).	Bm. VI
Ahlen (Strontium).	Am. XIV	Almaden (Mercure).	Et. I
Aïn Abessa (Plomb).	Dm. XV	Almaden (Mercure).	Et. I
Aïn Babouch (Antimoine).	Dt. II	Almuradiel (Antimoine).	Dt. I
Aïn Barbar (Zinc).	Dm. V	Altenberg (Étain).	Ct. II
Ainhua (Fer).	Dm. VI	Amenak (Carbone).	Am. V
Aïn K'sar (Mercure).	Et. II	Ammeberg (Zinc).	Dm. I
Aïn Oudrer (Fer).	Bm. XI	Amoura (Calcium).	Am. XVII
Aïn Sadouna (Fer).	Bm. XVI	Andreasberg (Zinc).	Dm. I
Aïn Safra (Zinc).	Dm. V	Angelo (Or).	Ec. II
Aïn Sba (Calcium).	Am. XVIII	Arado de Castanheira	
Aïn Sedma (Magnésium).	Am. XIV	(Silicium).	Am. VIII
Aïn Sedma (Fer).	Bm. I	Arendal (côte d') (Fer).	Bm. I
Aïn Zeft Dahra (Carbone).	Am. VI	Argut (Fer).	Bm. VI
Akiyoshi (Calcium).	Am. XVIII	Argut (Manganèse).	Bt. I
Ak Koi (Antimoine).	Dt. I	Arre (Plomb et Divers).	Dm. XII
Akroub (Plomb).	Dm. XV	Arrouach (Plomb).	Dm. XIX
		Asie-Mineure (Alumi-	
		nium).	Bm. XVIII

(*) Am. VIII signifie : Salle A Armoire murale VIII. Se reporter à la nomenclature par ordre de classement pour la nature du gisement et le numéro d'ordre de la collection correspondants.

Asie-Mineure (Chrome).	Bm. IX	Berezowsk (Or).	Em. XV
Aubin (Fer).	Bm. XIII	Berezowsk (Or).	Em. XVI
Aureilles (Calcium).	Am. XVIII	Berezowsk (Plomb).	Dm. XX
Austin (Argent).	Em. III	Bex (Sodium).	Am. XIII
Autun (Carbone).	Am. VII	Bezenet (Fer).	Bm. XIII
Ayrshire (Or).	Em. XVII	Bien Dong (Cuivre).	Cm. V
Azib Zamoun (Mangan.).	Bt. I	Billiton (Étain).	Ct. III
Azizié (Bore).	Am. III	Bingham (Argent).	Em. III
B		Bir beni Salah (Plomb).	Dm. XV
Bab M'Teurba (Fer).	Bm. XIV	Biso (Aluminium).	Bm. XVIII
Bacou (Carbone).	Am. V.	Blatoush (Aluminium).	Bm. XVIII
Bagnères - de - Luchon		Bled-el-Hammam (Cuivre).	Cm. XIV
(Soufre).	Am. II	Bleiberg (Plomb).	Dm. XII
Bahia (Diamant).	Am. III	Bleka (Bismuth).	Dt. III
Balcony Falls (Calcium).	Am. XVI	Blinkpoort (Or).	Ec. II
Balmoral (Or).	Em. XIX	Boccheggiano (Cuivre).	Cm. II
Balmoral (Or).	Ec. II	Bogoslowsk (Cuivre).	Cm. III
Baltimore (Chrome).	Bm. IX	Bohême (Aluminium).	Bm. XVIII
Bamblé (Nickel).	Bt. II	Bois d'Asson (Carbone).	Am. VI
Bancs rouges (Calcium).	Am. XVI	Boleo (Cuivre).	Cm. XXI
Bangka (Étain).	Ct. III	Boleslaw (Zinc).	Dm. VIII
Barlet (Antimoine).	Dt. II	Bolivie (Cuivre).	Cm. V
Barra (Or).	Em. XIII	Bolivie (Cuivre).	Cm. V
Barrancanès (Cuivre).	Cm. XI	Bong-Mieû (Or).	Em. XVI
Basse-Californie (Cuivre).	Cm. XX	Bonnac (Arsenic).	Dt. II
Bathvale (Carbone).	Am. VI	Bonnac (Tungstène).	Bm. IX
Batopilas (Or).	Em. XVII	Bordezac (Fer).	Bm. XIV
Baume (La) (Plomb).	Dm. XVI	Bords du Rhin (Plomb).	Dm. IX
Baux (Les) (Aluminium).	Bm. XVIII	Boryslaw (Carbone).	Am. V
Beauval (Phosphore).	Am. XI	Boryslaw (Carbone).	Am. V
Belmez (Phosphore).	Am. X	Bou Gournein (Plomb).	Dm. XVII
Belmont (Plomb).	Dm. XX	Bou Gournein (Zinc).	Dm. IV
Beni Aquil (Cuivre).	Cm. XIV	Bouinan (Fer).	Bm. XVI
Beni Aquil (Fer).	Bm. XVI	Boujam (Cuivre).	Cm. XIV
Beni Mimoun (Plomb).	Dm. XV	Boulder County (Or).	Em. XIV
Beni Mimoun (Fer).	Bm. XI	Bou Taleb (Plomb).	Dm. XV
Beni Mimoun (Cuivre).	Cm. IV	Bou Thelis (Calcium).	Am. XVII
Beni Mimoun (Calcium).	Am. XVII	Bouzarea (Manganèse).	Bt. I
Beni Saf (Calcium).	Am. XVII	Bouzareah (Plomb).	Dm. XIX
Beni Saf (Fer).	Bm. XIV	Boverbach (Baryum).	Am. XIV
Beni Saïd (Magnésium).	Am. XIV	Bradshaw (Or).	Em. XVII
Berchtesgaden (Sodium).	Am. XIII	Brasso (Fer).	Bm. III
Bereghszasy (Alu-		Brésil (Fer).	Bm. XII
minium).	Bm. XVIII	Brésil (Or).	Em. XIV
Berezowsk (Chrôme).	Bm. IX	Brieser Mauth (Anti-	
		moine).	Dt. I

Briey (Fer).	Bm. XIV
Brixleys (Cuivre).	Cm. XVI
Buckingham (Silicium).	Am. VIII
Buckingham (Phosphore).	Am. IX
Buena Vista (Carbone).	Am. VI
Buffelsdorn (Or).	Ec. II
Bunker (Plomb).	Dm. XVI
Burra-Burra (Cuivre).	Cm. IX
Buxière-la-Grue (Carbone).	Am. VII

C

Cabeca Alta (Cuivre).	Cm. X
Cabo Mondezo (Carbone)	Am. V
Cab Tach (Or).	Em. XVI
Caceres (Phosphore).	Am. X
Cachis (Argent).	Em. II
Caderles (Plomb).	Dm. XVI
Caen (Silicium).	Am. VIII
Calahora (Mercure).	Et. II
Calamita (Fer).	Bm. XVII
Calavera (Zinc).	Dm. VII
Californie (Or).	Em. XV
Californie (Cuivre).	Cm. VIII
Camerata (Fer).	Bm. XI
Campiglia (Étain).	Ct. III
Canala (Nickel).	Bt. II
Canala (Chrome).	Bm. IX
Canal du Midi (Calcium).	Am. XVIII
Cap (Le) (Cuivre)	Cm. XIX
Capo Rosso (Manganèse).	Bt. I
Cap Tenez (Fer).	Bm. XVI
Cap Tenez (Cuivre).	Cm. IV
Carapatos (Or).	Em. XIII
Carlisle (Or).	Em. XVII
Carn-Brea (Étain).	Ct. I
Castera Vertujan (Calc ^m).	Am. XVIII
Castletown (Argent).	Em. II
Cavallo (Plomb).	Dm. XV
Cekmeda (Silicium).	Am. VIII
Cerro-del-Pasco (Argent).	Em. II
Cerro-de-Mercado (Fer).	Bm. V
Chabet-queraï (Fer).	Bm. XI
Chalindrey (Fer).	Bm. XV
Chanac (Antimoine).	Dt. I
Chanarcillo (Plomb).	Dm. XIII

Charcas (Vanadium).	Dt. III
Charlestown (Phosphore).	Am. XII
Chatanque (Argent).	Em. II
Châteauverdun (Fer).	Bm. VII
Chausse (Plomb).	Dm. XX
Chavigny (Fer).	Bm. XIV
Chazelles (Antimoine).	Dt. II
Cheida (Cuivre).	Cm. VI
Cheraia (Cuivre).	Cm. IV
Chihuahua (Argent).	Em. X
Chili (Géologie gén ^{le}).	Cc. III
Chili (Géologie gén ^{le}).	Cc. II
Chili (Géologie gén ^{le}).	Cc. II
Chili (Géologie gén ^{le}).	Cc. I
Chili (Géologie gén ^{le}).	Cc. I
Chili (Mercure).	Et. II
Chili (Fer).	Bm. V
Chili (Bore).	Am. III
Chimes (Or).	Ec. II
Chine (Fer).	Bm. VI
Chine (Mercure).	Et. II
Chorulque (Étain).	Ct. II
Christel (Calcium).	Am. XVII
Churianiodi (Or).	Em. XVII
Cienpozuelos (Sodium).	Am. XIV
Ciply (Phosphore).	Am. XI
City and Suburban (Or).	Ec. II
Clairac (Zinc).	Dm. V
Cleydang (Étain).	Ct. III
Coahuila (Plomb).	Dm. XX
Coahuila (Cuivre).	Cm. XIV
Colorado (Or).	Em. XVII
Columbus (Bore).	Am. III
Comet (Or).	Ec. II
Comstock (Argent).	Em. I
Comstock (Argent).	Em. I
Condorcet (Strontium).	Am. XIV
Constantine (Zinc).	Dm. V
Cooper Queen (Cuivre).	Cm. VIII
Copiapo (Calcium).	Am. XVII
Corbigny (Calcium).	Am. XVI
Corinthe (Magnésium).	Am. XIV
Côte du Pacifique (Mercure, etc.).	Ec.
Coudiat-Hamacima (Sodium).	Am.

Coudiat-Resas (Plomb).	Dm. XV.	Djebel Masser (Plomb).	Dm. XV
C ^{***} de Pologne (Fer).	Bm. XIV	Djebel Orousse (Calc.).	Am. XVIII
C ^{***} de Pologne (Alumin.).	Bm. XVIII	Djebel Oust (Mercure).	Et. II
Cripple-Creek (Or).	Em. XIV	Djebel Reças (Zinc).	Dm. IV
Croatie (Fer).	Bm. V	Djebel Reças (Plomb).	Dm. XVII
Cræsus (Or).	Ec. II	Djebel Reças (Plomb).	Dm. XVII
Crown deep (Or).	Ec. II	Djebel Sanari (Sodium).	Am. XIV
Crown reef (Or).	Em. XIX	Djebel Seldja (Phosph.).	Am. XI
Csiklova (Cuivre).	Cm. X	Djebel Skarna (Phosph.).	Am. XI
Cuchevilliers (Phosph ^{re}).	Am. XI	Djebel Slata (Baryum).	Am. XIV
Cuiaba (Or).	Em. XI	Djebel Stah (Phosphore).	Am. XI
Cunapiru (Or).	Em. XIX	Djebel Tadjera (Phosph.).	Am. XII
Curaçao (Phosphore).	Am. XII	Djebel Taffat (Calcium).	Am. XVIII

D

Dadou (Plomb).	Dm. XVI	Djebel Temoulga (Fer).	Bm. XV
Daily and Alliance (Arg.).	Em. II	Djebel Toumaï (Phosph.).	Am. XI
Dalécarlie (Fer)-	Bm. XI	Djebel Trozza (Plomb).	Dm. XVII
Dalmatie (Plomb).	Dm. XIII	Djendeli (Zinc).	Dm. V
Dalmatie (Plomb).	Dm. XV	Dobschau (Fer).	Bm. VI
Dannemarie (Calcium).	Am. XVI	Dobschau (Cobalt).	Bt. II
Dannemora (Fer).	Bm. X	Dolcoath (Étain).	Ct. I
Dar-el-Hamoud (Plomb).	Dm. XV	Dombrowa (Fer).	Bm. XIV
Dear Park (Titane).	Bm. IX	Dong-Trieu (Zinc).	Dm. I
Derbyshire (Fluor).	Am. III	Douar Medjadja (Fer).	Bm. XI
Descugano (Cuivre).	Cm. X	Droogheuvel (Or).	Em. XIX
Devil's head Mountain		Drumlummin (Argent).	Em. II
(Fer).	Bm. XI	Dumbrava (Mercure).	Et. I
Diamantina (Diamant).	Am. III	Duc-Bô (Zinc).	Dm. I
Diélette (Fer).	Bm. XII	Ducktown (Cuivre).	Cm. VIII
	et XIII	Du Prez reef (Or).	Em. XIX
Diélette (Silicium).	Am. VIII	Durango (Plomb).	Dm. XX
Djebba (Plomb).	Dm. XVII	Durango (Plomb).	Dm. XVI
Djebel Ahmar (Calcium).	Am. XVII	Durban Roodepoort (Or).	Ec. II
Djebel Bekal (Cuivre).	Cm. XIV		
Djebel Chenouah (Calc.).	Am. XVIII	E	
Djebel Fillaoucen (Zinc).	Dm. V	East Pool (Tungstène).	Bm. IX
Djebel Hadid (Cuivre).	Cm. IV	Echternach (Calcium).	Am. XVII
Djebel Hadid (Fer).	Bm. XVI	Eckholshausen (Ph ^{re}).	Am. XI
Djebel Hammam (Calc.).	Am. XVII	Édinburgh (Or).	Em. XIX
Djebel Hamrya (Fer).	Bm. VI	Egersund (Titane).	Bm. IX
Djebel Herruch (Cuivre).	Cm. X	Egeri Aéré (Plomb).	Dm. IX
Djebilet-el-Kohol (Pl ^b).	Dm. XVII	Eimgheir (Plomb).	Dm. XIII
Djebel Khanil (Silicium).	Am. VIII	El Aminia (Plomb).	Dm. XIX
Djebel Masser (Zinc).	Dm. V	El Binta (Cobalt).	Bt. II
Djebel Masser (Plomb).	Dm. XIX	El Callao (Or).	Em. XIV
		El Gresó (Antimoine).	Dt. II

Elisabethpol (Fer).	Bm. XI
Ellnbogen (Carbone).	Am. V
El Outaya (Sodium).	Am. XIII
El Progreso (Cuivre).	Cm. XX
Esky-Cheir (Magnésium).	Am. XIV
Espie (Manganèse).	Bt. I
Estrella (Cuivre).	Cm. VII
États-Unis (Aluminium).	Bm. XVIII
Euch-el-Bez (Chrome).	Bm. IX
Eule (Or).	Em. XVIII
Evigtok (Aluminium).	Bm. XVIII
Exincourt (Fer).	Bm. XVI

F

Fahlun (Cuivre)	Cm. XIII
Fendenka (Baryum).	Am. XIV
Ferreira (Or).	Ec. II
Ferreira (Or).	Em. XIX
Ferrusac (Plomb).	Dm. XVI
Filfila (Calcium).	Am. XVIII
Fillols (Fer).	Bm. VIII
Fins (Fer).	Bm. XIII
Fleurus (Calcium).	Am. XVII
Fleurus (Baryum).	Am. XIV
Flogny (Fer).	Bm. XVII
Floride (Phosphore).	Am. XII
Framont (Fer).	Bm. XI
France (Calcium).	Am. XV
France (Calcium).	Am. XVI
Fredericksstad (Silic.).	Am. VIII
Fredericksstad (Silic.).	Am. VIII
Freycenet (Antimoine).	Dt. II
Frongoch Mine (Plomb).	Dm. XIX
Fumel (Fer).	Bm. XIV

G

Gabès (Calcium).	Am. XVIII
Ganara (Fer).	Bm. VI
Gard (Strontium).	Am. XIV
Gargantilla (Cuivre).	Cm. VII
Gar Rouban (Fluor).	Am. III
Gar Rouban (Plomb).	Dm. XVI
Geldenhnis (Or).	Ec. II
Gellivara (Fer).	Bm. X
Genolhac (Plomb).	Dtr. II
Georgetown (Argent).	Em. III

Gharbou (Zinc).	Dm. I
Ghar-el-Kohol (Plomb).	Dm. XV
Ghil-oum-Djinn (Cuivre).	Cm. XIV
Gimouille (Fer).	Bm. XV
Ginsberg (Or).	Em. XIX
Goldberg (Plomb).	Dm. XII
Gollnitz (Cuivre).	Cm. III
Gondo (Or).	Em. XVI
Gorges de Rigas (Cuivre).	Cm. X
Gourraya (Fer).	Bm. XVI
Gourraya (Cuivre).	Cm. XIV
Gourbesville (Phosph.).	Am. XII
Granagiolo (Antimoine).	Dt. I
Gr ^{de} -Adelaïde (Cobalt).	Bt. II
Grand-Clos (Plomb).	Dm. XVII
Gr ^{de} -Vernissière (Fluor).	Am. III
Grandpré (Phosphore).	Am. XI
Grèce (Silicium).	Am. VIII
Guadalupe (Or).	Em. XVII
Guadalupe (Plomb).	Dm. XX
Guerrouma (Plomb).	Dm. XV
Guerrouma (Zinc).	Dm. V
Guntang (Étain).	Ct. III
Gympie (Or).	Em. XVII

H

Hamimat-Arks (Zinc).	Dm. V
Hammam N'bails (Zinc).	Dm. V
Hardivilliers (Phosph.).	Am. XI
Harrouch (Calcium).	Am. XVII
Harz (Plomb, Cuivre).	Dc. III
Hayange (Fer).	Bm. XV
Helene (Chrome).	Bm. IX
Heidelberg (Or).	Ec. II
Highland (Or).	Em. XIV
Hongrie (Fer).	Bm. V
Hongrie (Sodium).	Am. XIV
Horcajo (Plomb).	Dm. XVII
Huchuctlan (Calcium).	Am. XVII
Huelgoat (Antimoine).	Dt. II
Huelgoat (Plomb).	Dm. XIV

I

Idria (Mercure).	Em. XX
Idria (Mercure).	Em. XX
Idria (Mercure).	Em. XX

Iekaterinenbourg (Cuiv.).	Cm. III
Iglesias (Zinc).	Dm. III
Iglo (Calcium).	Am. XVII
Iglo (Antimoine).	Dt. I
Ikouno (Argent).	Em. IV
Ile Malo (Calcium).	Am. XVI
Ile Ste-Marie (Calcium).	Am. XVI
Ilucyapan (Cuivre).	Cm. X
Inde (Chrome).	Bm. IX
Inkermann (Phosph.).	Am. XII
Italie (Carbone).	Am. V
Izenay (Fer).	Bm. XV

J

Jagers et Coffee Fontein (Carbone).	Am. IV
Jalisco (Plomb).	Dm. XX
Jalisco (Cuivre).	Cm. XIV
Jalisco (Argent).	Em. VIII
Joao Julio d'Ahrarenga (Or).	Em. XIII
Jubilu (Argent).	Em. II
Julianshaab (Carbone).	Am. V
Jumpers (Or).	Ec. II

K

Kalaa K'bail (Zinc).	Dm. V
Kampina (Carbone).	Am. VI
Kanagassi (Cuivre).	Cm. V
Kandirou (Fer).	Bm. XV
Kandirou (Cuivre).	Cm. XIV
Karombo (Calcium).	Am. XVII
Kef-Debba (Fer).	Bm. VI
Kef-oum-Teboul (Cuiv.).	Cm. IV
Kimberley (Carbone).	Am. IV
Kimberley (Carbone).	Am. IV
Kongsberg (Argent).	Em. II
Kongsberg (Argent).	Em. II
Kotterbach (Fer).	Bm. III
Kragerø (Titane).	Bm. IX
Kragerø (Phosphore).	Am. IX
Kranguet-el-Tout (Zinc).	Dm. IV
Kranguet-el-Tout (Pl ^b).	Dm. XVII
Krummau (Carbone).	Am. V
K'Thong (Or).	Em. XVII
Kvirili (Manganèse).	Bt. I

L

Labarthe (Calcium).	Am. XVIII
La Caverita (Argent).	Em. VIII
La Calle (Plomb).	Dm. XIX
La Calle (Cuivre).	Cm. X
Lac Bolzano (Soufre).	Am. II
Lac de la Braie (Carbone).	Am. VI
Lac Champlain (Fer).	Bm. X
La Chapelle-en-Juger (Mercure).	Et. I
La Couraya (Manganèse).	Bt. I
Lac Supérieur (Fer).	Bm. XII
Lac Supérieur (Cuivre).	Cm. XVII
Lac Supérieur (Cuivre).	Cm. XVIII
Lac Supérieur (Cuivre).	Cm. XIX
Lac Supérieur (Fer).	Bm. XII
La Fage (Antimoine).	Dt. II
La Garde (Silicium).	Am. VIII
La Gardette (Or).	Em. XVI
La Licoulne (Antimoine).	Dt. I
La Malou (Cuivre).	Cm. IX
La Malou (Baryum).	Am. XIV
La Nelfa S ^t André (Cuiv.).	Cm. X
Langeac (Fluor).	Am. III
Langlaagte (Or).	Ec. II
Langlaagte Estate (Or).	Em. XIX
La Prugne (Cuivre).	Cm. II
Larrhat (Fer).	Bm. XVI
Las Animas (Plomb).	Dm. XX
Las Cabessès (Mang.).	Bt. I
La Tolfa (Aluminium).	Bm. XVIII
La Tour Batère (Fer).	Bm. VI
Laurium (Zinc).	Dm. II
Laurium (Zinc et divers).	Bc. II
Laurium (Plomb).	Dm. XIX
La Villeder (Étain).	Ct. II
La Voulte (Fer).	Bm. XV
La Voute Chilhac (Sili- cium).	Am. VIII
La Voute Chilhac (Zinc).	Dm. I
Leadville (Argent).	Em. III
Le Genest (Antimoine).	Dt. I
Leogang (Calcium).	Am. XVII
Leogang (Cuivre).	Cm. V
Les Challanches (Nickel).	Bt. II

Les Écouchets (Chrome)	Bm. IX
Les Lacs (Fer).	Bm. XV
Letto Manopello (Carb.).	Am. VII
Libethbanya (Fer).	Bm. III
Linarès (Zinc).	Dm. VII
Linnestad (Silicium).	Am. VIII
Linnestad (Silicium).	Am. VIII
Lirac et Tavel (Ph ^{re}).	Am. XI
Littai (Mercure).	Et. I
L'lanidloes (Plomb).	Dm. XIX
Logrosan (Phosphore).	Am. X
Lubella (Antimoine).	Dt. II
Lyon (Env. de) (Or).	Em. XVI

M

Maazis (Zinc).	Dm. V
Maazis (Plomb).	Dm. XV
Madeline (Or).	Em. XIX
Madrid (Plomb).	Dm. XIX
Makarka (Carbone).	Am. VI
Malfidano (Zinc).	Dm. IV
Malines (Les) (Zinc).	Dm. VI
Mammoth Mine (Or).	Em. XIV
Mammoth Mine (Argent).	Em. III
Mandoudi (Magnésium).	Am. XIV
Mansfeld (Cuivre).	Cm. XX
Maouaria (Fer).	Bm. XI
Maquiné (Or).	Em. XIII
Marmaros Sziget (Fer).	Bm. II
Maros-Ujvar (Sodium).	Am. XIII
Marsanges (Fluor).	Am. III
Marsanne (Silicium).	Am. VIII
Marnas (Fer).	Bm. XI
Maudesse (Zinc).	Dm. V
May Consolidated (Or).	Em. XIX
Mayet-en-Montagne (Manganèse).	Bt. I
Mayet-en-Montagne (Soufre).	Am. III
Mayflower (Or).	Em. XIV
Mazenay (Fer).	Bm. XV
Meboudga (Fer).	Bm. I
Mechernich (Plomb).	Dm. XXI
Mellenaer (Étain).	Ct. I
Melousla (Plomb).	Dm. XV
Menat (Silicium).	Am. VIII

Menat (Carbone).	Am. VII
Mendoza (Plomb).	Dm. XIX
Mendoza (Argent).	Em. I
Mensula (Plomb).	Dtr. II
Meretrix (Plomb).	Dm. XX
Mer Morte (Carbone).	Am. VII
Mers-el-Kebir (Calcium).	Am. XVII
Merzelet (Fer).	Bm. XIV
Messelmann (Fer).	Bm. XVI
Metropolitan (Or).	Em. XIX
Meudon (Calcium).	Am. XVI
Meymac (Bismuth).	Dt. III
Meymac (Tungstène).	Bm. IX
Mexico (Argent).	Em. VIII
Mexique (Mercure).	Et. II
Mexique (Silicium).	Am. VIII
Michoacan (Argent).	Em. VIII
Midas (Or).	Ec. II
Mieres-Oviedo (Mercure).	Et. I
Milah (Calcium).	Am. XVII
Milah (Sodium).	Am. XIII
Minasaka (Étain).	Ct. III
Minas Prietas (Or).	Em. XVII
Minaucas (Cuivre).	Cm. X
Miria (Antimoine).	Dt. I
Modderfontein (Or).	Ec. II
Mokta-el-Hadid (Fer).	Bm. XII
Mollie Gibson (Argent).	Em. II
Monastir (Calcium).	Am. XVII
Mondalazac (Fer).	Bm. XV
Monk-hay (Antimoine).	Dt. I
Mont Cenis (Uranium).	Bm. IX
Mont du Lys (Silicium).	Am. VIII
Monte Agruxau (Zinc).	Dm. III
Montebras (Étain).	Ct. II
Monte-Catini (Cuivre).	Cm. I et II
Monte-Cavallo (Ant ^{re}).	Dt. I
Monte-Narba (Argent).	Em. VIII
Monteponi (Zinc).	Dm. III
Montigny-s'-Arm (Ph ^{re}).	Am. XI
Monts-en-Ternois (Fer).	Bm. XVI
Moravicza (Fer).	Bm. II
Morée (Cuivre).	Cm. IX
Morelos (Cuivre).	Cm. XIV
Morelos (Plomb).	Dm. XX
Moro Velho (Or).	Em. XII

Morre (Aluminium).	Bm. XVIII
Moss (Silicium).	Am. VIII
Motherlode (Argent).	Em. II
Moulineaux (Calcium).	Am. XVI
Mouzaïa (Cuivre).	Cm. IV
Mouzaïa (Cuivre).	Cm. XIV
M'rabdine (Fer).	Bm. XI

N

Nades (Antimoine).	Dt. II
Nador Sheir (Plomb).	Dm. XV
Nagyag (Or).	Em. XVII
Nakely (Mercure).	Et. I
Naples (Soufre).	Am. II
Navassa (Phosphore).	Am. XII
Naxos (Aluminium).	Bm. XVIII
Negrita (Cuivre).	Cm. XI
Neunkirchen (Fer).	Bm. XIII
New Almaden (Mercure).	Et. II
New Heriot (Or).	Ec. II
Nieddorez Flumines (Antimoine).	Dt. II
Nigel (Or).	Ec. II
Nijné Miassk (Or).	Em. XVI
Nijné Taguil (Platine).	Em. X
Nikitofka (Mercure).	Et. II
Norberg (Fer).	Bm. X
Nostra Senora (Zinc).	Dm. I
Nottingham (Fluor).	Am. III
Nourse deep (Or).	Ec. II
N ^{ue} -Calédonie (Carb.).	Am. VII
N ^{ue} -Calédonie (Calcium).	Am. XVI
Nouvelle-Écosse (Or).	Em. XVIII

O

Oajaca (Argent).	Em. VIII
Oddegarden (Phosphore)	Am. IX
Odessa (Or).	Em. XIX
Odiby-Isek (Silicium).	Am. VIII
Offenbanya (Or).	Em. XVII
Oran (Cuivre).	Cm. IV
Orion (Or).	Ec. II
Oruro (Argent).	Em. IV
Oruro (Étain).	Ct. II
Ouarsenis (Zinc).	Dm. V
Ouarsenis (Plomb).	Dm. XV

Ouarsenis (Fer).	Bm. XV
Oued Allelah (Cuivre).	Cm. XIV
Oued Allelah (Cuivre).	Cm. IV
Oued Bounan (Cuivre).	Cm. XIV
Oued Bordja (Plomb).	Dm. XV
Oued-bou-Allou (Cuivre).	Cm. IV
Oued Boughi (Mercure).	Et. II
Oued Djer (Fer).	Bm. XVI
Oued Kebir (Cuivre).	Cm. IV
Oued K'Seul (Cuivre).	Cm. IV
Oued Melah (Cuivre).	Cm. IV
Oued Merdja (Cuivre).	Cm. IV
Oued Rehan (Plomb).	Dm. XV
Oued Rouina (Fer).	Bm. XV
Oued Sidi Rhibir (Cuiv.).	Cm. XIV
Oued Zouara (Fer).	Bm. XVI
Ougney (Fer).	Bm. XV
Ouled Khebed (Sodium).	Am. XIII
Ouled Nouar (Fer).	Bm. XI
Oural (Chrome).	Bm. IX
Owari (Nickel).	Bt. II

P

Pacientia (Or).	Em. XII
Paderm (Cuivre).	Cm. XIV
Palaiseau (Calcium).	Am. XVII
Palerme (Soufre).	Am. II
Palerme (Strontium).	Am. XIV
Palhal (Cobalt).	Bt. II
Pampinello (Soufre).	Am. II
Pampinello (Sodium).	Am. XIV
Parkside (Fer).	Bm. XIII
Parral (Plomb).	Dm. XX
Pary (Or).	Em. XIII
Passagem (Or).	Em. XI
Pastora (Zinc).	Dm. I
Penafior (Phosphore).	Am. X
Penestin (Étain).	Ct. III
Pentes (Étain).	Ct. III
Penuta (Étain).	Ct. II
Perak (Étain).	Ct. III
Pestarana (Or).	Em. XVI
Petaï (Étain).	Ct. III
Petite Kabylie (Cuivre).	Cm. XVI
Picos de Europa (Zinc).	Dm. I
Picos del Pando (Zinc).	Dm. I

Pietra Mala (Silicium).	Am. VIII
Pihuamo (Or).	Em. XVII
Pilon (Cuivre).	Cm. III
Piriac (Étain).	Ct. III
Piscataquis (Silicium).	Am. VIII
Pointe Pescade (Plomb).	Dm. XIX
Pont-du-Château (Carb.).	Am. VI
Ponte - alla - Lecchia (Cuivre).	Cm. II
Pontpean (Plomb).	Dm. XIV
Porentruy (Carbone).	Am. VII
Porsgrund (Silicium).	Am. VIII
Port-Bouquet (Cobalt).	Bt. II
Portes (Fer).	Bm. XIII
Posadel Norte (Calcium).	Am. XVIII
Poseravatz (Silicium).	Am. VIII
Potocnig (Mercure).	Et. I
Poullaouen (Plomb).	Dm. XIV
Pourain (Fer).	Bm. XVII
Prades (Fer).	Bm. VIII
Prades (Plomb).	Dm. XX
Privas (Fer).	Bm. XV
Providenzia (Cuivre).	Cm. VII
Puebla (Argent).	Em. VIII
Puebla (Plomb).	Dm. XX
Puebla (Silicium).	Am. VIII
Puebla (Silicium).	Am. VIII
Puloh-Brani (Étain).	Ct. III
Pursatt (Calcium).	Am. XVIII
Puy-les-Vignes (Tungstène).	Bm. IX

Q

Quercy (Phosphore).	Am. X
Quintera (Cuivre).	Cm. XIV
Quissac (Phosphore).	Am. XI

R

Racles (Antimoine).	Dt. II
Raleigh (Carbone).	Am. V
Rammelsberg (Cuivre).	Cm. XX
Rancié (Fer).	Bm. VII
Rapazos (Or).	Em. XI
Ras Elma (Mercure).	Et. II
Ravin bleu (Calcium).	Am. XVI
Ravin du Hadjail (Cuiv.).	Cm. X

Reocin (Zinc).	Dm. VI
Rescate (Or).	Em. XVII
Ridonda (Phosphore).	Am. XII
Rietfontein (Or).	Ec. II
Rifkoh (Carbone).	Am. V
Rimamurany (Fer).	Bm. III
Rimont (Manganèse).	Bt. I
Ringerike (Nickel).	Bt. II
Rio-Chico (Cuivre).	Cm. XIV
Rio-Tinto (Cuivre).	Cm. XI
Rip (Or).	Ec. II
Rip (Or).	Em. XIX
Rivernert (Fer).	Bm. VI
Robinson (Or).	Em. XIX
Robinson (Or).	Ec. II
Rocca Tederighi (Cuivre).	Cm. II
Rocks Springs (Titane).	Bm. IX
Rodna (Argent).	Em. VII
Rohnicz (Fer).	Bm. III
Romanèche (Manganèse).	Bt. I
Ronaszet (Sodium).	Am. XIII
Roraas (Cuivre).	Cm. XII
Roraas (Chrome).	Bm. IX
Rosario (Cuivre).	Cm. VIII
Rose deep (Or).	Ec. II
Rosia (Antimoine).	Dt. I
Rovigo (Calcium).	Am. XVII
Royal (Or).	Em. XIX

S

Saignon (Soufre).	Am. II
Sain-Bel (Soufre).	Am. III
Saint-Avoid (Plomb).	Dm. XXI
Saint-Béat (Calcium).	Am. XVIII
Saint-Béat (Soufre).	Am. II
Saint-Éloy (Fer).	Bm. XIII
Sainte-Marie-aux-Mines (Arsenic).	Dt. II
Saint-Florent (Fer).	Bm. XVI
Saint-Julien (Zinc).	Dm. V
Saint-Laurent (Zinc).	Dm. VI
Saint-Martin (Soufre).	Am. II
St-Pals-de-Murs (Plomb).	Dm. XVI
Saint-Pancré (Fer).	Bm. XV
Saint-Priest (Fer).	Bm. XV
S'- Quentin (Manganèse).	Bt. I

Saint-Victor (Calcium).	Am. XVI	Sazty Déré (Antimoine).	Dt. I
Saint-Vincent (Chrome).	Bm. IX	Schemnitz (Plomb,	
Saint-Yrieix (Aluminium).	Bm. XVIII	Cuivre, etc.).	Dc. III
Sakamody (Zinc).	Dm. IV	Schemnitz (Plomb).	Dm. X
Sala (Argent).	Em. II		XI, XII
Salabro (Carbone).	Am. IV	Schirmeck (Cuivre).	Cm. XX
Saligny (Fer).	Bm. XIV	Schneeberg (Cobalt).	Bt. II
Samland (Carbone).	Am. V	Segré (Fer).	Bm. XII
Samorade (Phosphore).	Am. IX	Semipalatensk (Manga-	
San Cataldo (Soufre).	Am. II	nèse).	Bt. I
Sandgate (Calcium).	Am. XVI	Serbie (Chrome).	Bm. IX
Sandstone (Carbone).	Am. VI	Serbie (Cuivre).	Cm. XVI
Sandstone (Carbone).	Am. VI	Seriphos (Fer).	Bm. XII
San Francisco (Bore).	Am. III	Sestrade (Plomb).	Dm. XIX
San Luis (Manganèse).	Bt. I	Seyssel-Belley (Carbone).	Am. VII
San Luis de Potosi (Arg.).	Em. VIII	Sgudicato (Zinc).	Dm. I
San Luis de Potosi (P ^b).	Dm. XVI	Shasta (Chrome).	Bm. IX
San Manuel (Étain).	Ct. II	Sheridan (Or).	Em. XIV
San Narciso (Zinc).	Dm. VII	Sidi Arama (Plomb).	Dm. XV
San Pedro Morreley (P ^b).	Dm. XX	Sidi Bou Aissi (Cuivre.)	Cm. XIV
San Rafael (Plomb).	Dm. XX	Sidi Brahim (Calcium).	Am. XVIII
San Rafael Penoles (Arg.).	Em. VIII	Sidi Camber (Plomb).	Dm. XIX
Santa Barbara (Plomb).	Dm. XX	Sidi Saf (Fer).	Bm. XV
Santa Barranca (Cuivre).	Cm. X	Sidi Sliman (Fer).	Bm. XV
Santa Cécilia (Cuivre).	Cm. X	Siele (Mercure).	Et. II
Santa Inez (Argent).	Em. VIII	Sierra Almagrera (Arg.).	Em. VIII
Santa Rosalia (Argent).	Em. X	Sierra de Carthagène	
San Thiago (Fer).	Bm. XII	(Plomb).	Dm. XVIII
Santo Domingo (Or).	Em. XVII	Sierra Nevada (Antim ^{oo}).	Dt. I
Sao Bento (Or).	Em. XIII	Sierra Nevada (Cuivre).	Cm. XV
Sao Luiz (Or).	Em. XII	Silésie (Fer).	Bm. V
Sarawak (Antimoine).	Dt. I	Silver King (Argent).	Em. II
Sarrabus (Argent).	Em. V	Simmer and Jack (Or).	Ec. II
Sarrabus (Argent).	Em. VI	Simmon's reef (Or).	Em. XVII
	et VII	Sinaloa (Plomb).	Dm. XVI
Sarrabus (Argent).	Em. V	Sinaloa (Plomb).	Dm. XX
	et VI	Sinaloa (Or).	Em. XVII
Sarre (La) (Plomb).	Dm. XIII	Sinaloa (Cuivre).	Cm. X
Sarre (La) (Fer).	Bm. XIII	Sinaloa (Argent).	Em. X
Sarre (La) (Cuivre).	Cm. VI	Sitio de Tojo (Antimoine).	Dt. II
Sarre (La) (Manganèse).	Bt. I	Souk-Ahras (Phosphore).	Am. XII
Sarreguemines (Alumin.).	Bm. XVIII	Skyros (Chrome).	Bm. IX
Sassagatani (Cuivre).	Cm. V	Slanic (Sodium).	Am. XIII
Satsuna (Or).	Em. XVII	Slovenka (Cuivre).	Cm. XII
Saumane (Fer).	Bm. XI	Smyrne (Magnésium).	Am. XIV
Saxe (Plomb, Cuivre).	Dc. I	Solenhofen (Calcium).	Am. XVI

Solgatayan (Sodium).	Am. XIII	Traverselle (Fer).	Bm. III, IV
Solonitza (Carbone).	Am. V	Traverselle (Fer).	Bm. III
Somorostro (Fer).	Bm. XVI	Traverselle (Fer).	Bm. IV
Sonoma Cr (Carbone).	Am. V	Trifail (Calcium).	Am. XVI
Sonora (Argent).	Em. VIII	Tunisie (Silicium).	Am. VII
Sonora (Plomb).	Dm. XX	Tuolumne (Carbone).	Am. V
Soumah (Fer).	Bm. XVI	Tyghit-Saygta (Mercure).	Et. I
Soumah (Cuivre).	Cm. X		
Stassfurt (Potassium).	Am. XIII		
Suderoe (Carbone).	Am. V		
Suède (Fer).	Bc. I		
Sumatra (Cuivre).	Cm. V		
Su Saergin (Antimoine).	Dt. II		
Svatz (Cuivre).	Cm. XVI		
Swordrowitz (Soufre)	Am. II		

T

Tadergount (Cuivre).	Cm. XIV
Tailhac (Antimoine).	Dt. II
Tailhac (Plomb).	Dm. XX
Tajova (Silicium).	Am. VIII
Tamaya (Cuivre).	Cm. VI
Tamazula (Cuivre).	Cm. X
Tana (Soufre).	Am. II
Tapada do Padre (Antim.).	Dt. II
Tapets (Les) (Soufre).	Am. II
Tarnowitz (Fer).	Bm. XIV
Tarnowitz (Zinc).	Dm. VIII
Tazout (Plomb).	Dm. XIX
Tazout (Fer).	Bm. XV
Tebitga (Antimoine).	Dt. II
Teil (Le) (Aluminium).	Bm. XVIII
Tekbalet (Calcium).	Am. XVIII
Tepic (Argent).	Em. VIII
Terrico (Cuivre).	Cm. II
Teutonia mine (Or).	Em. XIX
Textillan (Fer).	Bm. V
Thames (Argent).	Em. IV
Thostes (Fer).	Bm. XIV
Tinoca (Cuivre).	Cm. VI
Tinoco (Or).	Em. XII
Tiszolez (Fer).	Bm. II
Tolède (Cuivre).	Cm. V
Torre de las Siete Esqui-	
nas (Cuivre).	Cm. XV
Transylvanie (Calcium).	Am. XVIII

U

Union (Plomb).	Dm. XVIII
United M. R. Roodepoort	
(Or).	Ec. II
Urson (Fluor).	Am. III
Urvolgy (Argent).	Em. VII
Usseglio (Cobalt).	Bt. II

V

Valais (Calcium).	Am. XVIII
Valence (Cuivre).	Cm. XV
Vallée de l'Yvette (Calc.)	Am. XVII
Vallée d'Ossau (Calcium).	Am. XVIII
Vallendar (Aluminium).	Bm. XVIII
Val Romano (Carbone).	Am. VII
Vals Trompia (Plomb).	Dm. XIII
Val Troppa (Or).	Em. XVI
Van Ryn (Or).	Em. XIX
Van Ryn (Or).	Ec. II
Vaulry (Etain).	Ct. III
Vaulry (Tungstène).	Bm. IX
Verdad (Cuivre).	Cm. VII
Verespatak (Or).	Em. XVII
Veterand (Argent).	Em. IV
Veyras (Fer).	Bm. XV
Vialas (Plomb).	Dm. XV
Vieille-Montagne (Zinc).	Dm. VIII
Vigan (Le) (Strontium).	Am. XIV
Village M. R. (Or).	Em. XIX
Villapourçon (Calcium).	Am. XVIII
Villarosa (Soufre).	Am. II
Villebon (Calcium).	Am. XVII
Villevayrac (Aluminium).	Bm. XVIII
Virginie (Plomb).	Dm. XIX
Vogelstruis (Or).	Ec. II
Voile Noiro (Manganèse).	Bt. I
Vosges (Silicium).	Am. VIII
Vasada (Or).	Em. XII

Vassy (Fer).	Bm. XV	Z	
Vaussujeau (Fer).	Bm. XI		
W			
Wemmer (Or).	Ec. II	Zacatecas (Fluor).	Am. III
Wemmer (Or).	Em. XIX	Zacatecas (Silicium).	Am. VIII
Witpoortje (Or).	Em. XIX	Zacatecas (Silicium).	Am. VIII
Witwatersrand (Or).	Ec. II	Zacatecas (Calcium).	Am. XVII
Witwatersrand (Or).	Ec. II	Zacatecas (Fer).	Bm. V
Wolhuter (Or).	Ec. II	Zacatecas (Fer).	Bm. V
X		Zacatecas (Cuivre).	Cm. XIV
Xeres-Lanteira (Cuivre).	Cm. V	Zacatecas (Plomb).	Dm. XVI
Xicotlan (Calcium).	Am. XVII	Zacatecas (Plomb).	Dm. XX
Y		Zacatecas (Argent).	Em. IX
Yamato (Mercure).	Et. II	Zacatecas (Zinc).	Dm. I
Yeffi (Fer).	Bm. XVII	Zaccar Rharb (Fer).	Bm. XV
Yen-Bai (Carbone).	Am. V	Zaouich bou Medine	
		(Phosphore).	Am. XI
		Zerouala (Calcium).	Am. XVII
		Zinaparo (Silicium).	Am. VIII
		Zuurbult reef (Or).	Em. XIX

ANNEXE

Liste des Principaux Donateurs

Les gouvernements : allemand, — américain, — argentin, — bolivien, — chilien, — français, — américain, — norvégien. — suédois.

MM.

Aguillon, — Albertini, — Amouroux, — Argys (d'), — Armas. — Asturienne (Société royale), — Aubert, — Aubry, — Auerbach, — Auzépy.

Babu, — Baillet, — Barrat, — Bel (J.-M.), — Benoist. — Renoit. — Bernard, — Billy (de), — Bischoffsheim, — Bordeaux, — Bratiano, — Brull, — Burthe.

Callens, — Carcanagues, — Carnot (Ad.), — Carnot (Ern.), — Chalon, Chancourtois (de), — Chaper, — Chapron, — Charlon, — Charrière (C^d). — Chauveau, — Chevrillon, — Coulbeaux, — Cordelier, — Coste, — Crokstone, — Crosnier, — Cumenge.

Degoutin, — Delessert (Ed.), — Deodato, — Desmanest, — Deshayes, — Domeyko, — Duchanoy, — Duhamel, — Dumas (Émilien), — Durand, — Durassier (Léon).

Eichthal (d').

Flores, — Fournel, — François, — Fuchs.

Gény, — Germain, — Gess, — Gorceix, — Groot (de), — Gruner, — Gunsburg (de).

Halphen, — Haton de la Goupillière, — Henry, — Hessel, — Husson de Foucherolles.

Javal, — Jouffroy d'Abbans (de).

Keller, — Knœrtzer, — Kramer.

Lacoste, — Lacroix, — Lagarde (Denis de), — Lamouroux, — Launay (de), — Laurium (Société française du), — Lavour (de), — Le Chatelier, — Le Play, — Linder, — Lodin, — Longmaid.

Mackay, — Mallard, — Mazagot, — Michelin, — Michelot, — Moll (de), — Molon (de), — Montaignac (de), — Morgan (de), — Mouchet, — Mortillet (de), — Moulle.

Paillette, — Paunetrat, — Pelé, — Plantin, — Pigné (Dr), — Price (Dr Thomas).

Raffard, — Raoul-Duval (René), — Résimont (Armand), — Retout, — Rey, — Riley, — Rivot, — Rixens, — Robellaz, — Roque.

Saladin, — Sauvage, — Sepulchre (Jean), — Simonnet, — Souhart, — Staatsbahn (I. R. P. G).

Traverso.

Varne (de), — Vieira, — Ville, — Villefosse (Héron de).

Wendel (de), — Weill, — Whitney.

Zeiller, — Zelsner (de), — Zipser.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BAVIÈRE EN 1895.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS	NOMBRE d'ouvriers
1° Mines et Salines.			
	tonnes	francs	
Houille.....	496.893	6.215.005	2.755
Lignite.....	6.422	55.282	151
Minerai de fer.....	3.129	18.944	23
— de manganèse.....	150	570	4
Pyrites.....	1.955	73.080	42
Graphite.....	3.751	253.060	198
Sel gemme.....	1.321	42.214	103
Sel extrait par dissolution.....	41.106	2.233.140	242
2° Usines.			
Fonte brute.....	77.115	4.423.072	459
Fer en barres.....	48.596	6.840.065	2.339
Acier.....	96.829	11.683.449	525

(Extrait de l'Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

**PRODUCTION MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DES ILES-BRITANNIQUES
PENDANT L'ANNÉE 1895.**

	QUANTITÉS	VALEUR sur les EXPLOITATIONS	PRIX moyen
	tonnes	francs	fr. c.
Houille.....	192.695.944	1.443.371.192	7,49
Schistes bitumineux.....	2.282.815	14.166.477	6,21
Pétrole.....	15	706	47,07
Minerais de fer.....	12.817.281	72.773.181	5,64
— des marais.....	5.742	35.636	6,21
Pyrites de fer.....	9.193	103.755	11,29
Minerais de plomb.....	39.027	6.894.946	176,67
— de zinc.....	17.758	1.246.624	70,20
— de cuivre.....	7.651	552.620	72,73
Cuivre de ciment.....	284	72.003	272,75
Minerais d'or.....	13.478	418.248	31,00
— d'étain.....	10.782	9.344.768	866,70
— d'uranium.....	41	52.230	1.273,90
— de manganèse.....	1.293	17.175	13,28
Ocre, terre d'ombre, etc.....	7.747	428.482	55,31
Arsenic.....	4.875	1.316.433	270,04
Pyrites arsenicales.....	2.938	70.238	23,43
Spalh-fluor.....	37	1.382	36,81
Plombagine.....	41	2.522	61,51
Gypse.....	180.734	1.811.674	10,02
Baryline.....	21.509	581.548	27,04
Sulfate de strontiane.....	12.468	89.001	7,14
Minerais d'aluminium (bauxite).....	10.575	63.201	5,98
Schistes alumineux.....	2.096	6.507	3,10
Argiles.....	9.952.823	46.394.888	4,66
Ardoues.....	591.088	32.133.962	54,36
Phosphate de chaux.....	508	22.067	43,44
Craie.....	2.971.023	3.880.458	1,30
Pierres à chaux (autres que craie).....	9.677.440	30.396.882	3,14
Cailloux.....	96.304	420.190	4,36
Granite.....	1.694.440	13.820.535	8,16
Gravier et sable.....	1.030.709	2.045.518	1,98
Gres.....	4.208.214	34.465.551	8,08
Quartz.....	736	13.871	18,98
Basalte, etc.....	1.756.004	8.847.074	5,06
Scories.....	137.040	148.495	1,08
Jaïs (en kilogrammes).....	7846	403	5,30
Sel.....	2.208.025	17.899.920	8,11
Valeur totale des substances minérales.....	•	1.743.450.126	•
2^e Métaux (*)			
Fonte.....	7.826.714	465.671.840	59,50
Plomb.....	55.251	14.600.629	264,26
Zinc.....	21.264	8.067.561	379,40
Cuivre.....	61.727	72.179.850	1.169,34
Etain.....	9.740	16.267.485	1.668,46
Argent (en kilogrammes)(**)... ..	17.61346	1.777.884	100,94
Or (en kilogrammes)(**)... ..	256	583.273	2.278,41
Valeur totale des métaux.....	•	579.148.522	•

(*) Y compris ceux qui sont tirés de minerais importés.

(**) Y compris l'or et l'argent tirés des pyrites auro-argentifères importées, mais non compris l'or et l'argent obtenus par la fusion des autres minerais d'or et d'argent importés.

PRODUCTION DE LA HOUILLE PAR COMTÉ.

COMTÉS	QUANTITÉS	VALEUR sur les EXPLOITATIONS
Angleterre.		
	tonnes	francs
Cheshire	761.651	6.380.887
Cumberland	1.913.729	13.144.815
Derbyshire	11.476.519	78.341.920
Durham	31.631.385	201.137.117
Gloucestershire	1.283.289	11.680.139
Lancashire	22.366.747	178.047.702
Leicestershire	1.490.769	11.101.541
Monmouthshire	8.041.172	67.366.580
Northumberland	8.833.765	60.932.176
Nottinghamshire	6.669.897	49.669.731
Shropshire	709.298	5.942.286
Somersetshire	854.955	8.488.951
Staffordshire	12.734.739	97.952.765
Warwickshire	2.200.057	16.155.932
Westmoreland	1.029	8.297
Worcestershire	739.791	4.973.510
Yorkshire	23.176.015	184.573.982
Totaux	134.884.807	995.898.331
Pays de Galles.		
Breconshire	270.505	2.345.410
Carmarthenshire	1.030.843	8.519.946
Denbighshire	2.242.305	17.161.933
Flintshire	651.336	4.985.137
Glamorganshire	24.139.817	218.365.932
Pembrokeshire	86.419	1.179.842
Totaux	28.421.225	252.558.200
Écosse.		
Argyle et Dumfries	115.768	718.417
Ayrshire	3.725.876	22.350.973
Clackmannan	410.965	3.060.397
Dumbarton	553.175	3.776.140
Edinburgh	1.093.847	8.145.707
Fife	3.973.815	29.592.391
Haddington	330.833	2.463.666
Kinross	437	3.253
Lanark	16.177.536	102.531.481
Linlithgow	880.404	6.556.242
Peebles	861	6.406
Renfrew	52.743	294.569
Stirling	1.933.730	13.981.817
Sutherland	3.386	25.220
Totaux	29.253.376	193.506.679

COMTÉS	QUANTITÉS	VALEUR sur les EXPLOITATIONS
Irlande.		
	tonnes	francs
Connacht	7.859	73.138
Leinster	89.689	959.394
Munster	17.956	188.999
Ulster	12.091	114.574
Totaux	127.595	1.336.105
Totaux généraux (*)	192.687.003	1.443.299.315

(*) Ces totaux ne comprennent pas 8.941 tonnes de houille, d'une valeur de 71.877 francs, qui ont été tirées de carrières et ont été néanmoins comptées au tableau récapitulatif de la production minérale qui précède.

(Extrait du Mineral Statistics of the United Kingdom
of Great Britain and Ireland.)

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 2 septembre 1896, autorisant l'établissement d'un dépôt de dynamite de 2^e catégorie sur le territoire de la commune de L'HUISSERIE (Mayenne) (contenance maximum : 50 kilogrammes).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — M. de Beaufort, directeur des mines de l'Huisserie, est autorisé à établir un dépôt de dynamite de 2^e catégorie sur le territoire de la commune de l'Huisserie (Mayenne), sous les conditions énoncées aux articles suivants.

Art. 2. — Le dépôt sera établi dans l'emplacement marqué sur le plan d'ensemble produit par le pétitionnaire, lequel plan restera annexé au présent décret.

La chambre de dépôt sera installée, conformément au plan de détail également annexé au présent décret, au niveau de 100 mètres, à une distance de 50 mètres environ du puits Saint-Charles et à une des extrémités d'une galerie transversale formant T avec la galerie d'accès.

Le sol et les parois seront recouverts d'un enduit propre à préserver la dynamite contre l'humidité.

La chambre de dépôt sera fermée par une porte double en menuiserie pleine, munie d'une serrure de sûreté.

Art. 3. — Avant que le dépôt puisse être mis en service, etc. (*).

(*) Voir décret du 10 janvier 1896 (dépôt de dynamite à Mayres, Ardèche), *suprà*, p. 37.

Décret du Président de la République, du 10 septembre 1896, instituant la concession des mines de sel gemme de SAUVETERRE (Basses-Pyrénées).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu la pétition présentée, le 1^{er} juin 1892, par la société anonyme dite Société d'études pour la recherche des sources d'eau salée, dont le siège social est à Sauveterre-de-Béarn, à l'effet d'obtenir la concession de mines de sel gemme dans les communes d'Oraas, Athos-Aspis et Sauveterre-de-Béarn, arrondissement d'Orthez, département des Basses-Pyrénées ;

Les plans en quadruple expédition, les statuts et toutes autres pièces, produits à l'appui de ladite pétition ;

L'avis au public du 5 août 1892 ;

Les numéros du journal *l'Indépendant des Basses-Pyrénées* des 16, 17 août et 26 septembre 1892, du journal *le Démocrate libéral* d'Orthez, des 20 août et 24 septembre 1892, et du *Journal officiel* des 26 août et 26 septembre 1892, dans lesquels ledit avis a été inséré, ensemble les certificats d'affiche et de publications ;

L'opposition et la demande en concurrence du syndic de la corporation des parts-prenants de Salies-de-Béarn, des 11 et 21 septembre 1892 ;

L'opposition de M. Saint-Guily, directeur-gérant de la société exploitant les salines de Salies et d'Oraas, des 26 et 27 septembre 1892 ;

L'opposition du maire de Salies-de-Béarn, des 29 septembre et 12 octobre 1892, ensemble les pièces jointes à cette opposition ;

L'opposition du conseil municipal d'Oraas, en date des 13 novembre, 3 et 5 décembre 1892 ;

Les réponses du directeur de la société demanderesse en date du 17 novembre 1892 et du conseil municipal de Sauveterre, en date des 25 novembre et 7 décembre ;

L'avis du directeur des contributions indirectes en date du 18 février 1893 ;

Les rapports et avis du service des mines des 14 mars et 12 avril 1893 (avec les projets d'actes y annexés), 30 juin, 16 juillet 1894, 16-20 août 1894 ;

L'avis du préfet du 20 septembre 1894 ;

L'avis du ministre des finances du 23 juin 1896 ;

L'avis du conseil général des mines du 31 janvier 1896 ;

Vu la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880;

Le décret du 18 novembre 1810 ;

Le décret du 3 janvier 1813;

La loi du 27 avril 1838 et l'ordonnance du 23 mai 1841 ;

La loi du 17 juin 1840 et l'ordonnance du 7 mars 1841, ainsi que l'ordonnance du 26 juin 1841 ;

L'ordonnance du 18 avril 1842 ;

L'ordonnance du 26 mars 1843, modifiée par le décret du 25 septembre 1852 ;

Le décret du 23 octobre 1852 ;

Le conseil d'État entendu,

Décète :

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société d'études pour la recherche des sources d'eau salée, dont le siège social est à Sauveterre-de-Béarn, des mines de sel gemme, comprises dans les limites ci-après définies, communes d'Oraas, d'Athos-Aspis et de Sauveterre-de-Béarn, arrondissement d'Orthez, département des Basses-Pyrénées.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Sauveterre*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par deux lignes droites, la première menée du point A', angle le plus à l'est du château de Leu, au point B', angle sud-ouest de la maison la plus au nord-est du hameau Dinsabeau, situé dans la commune d'Oraas ; la seconde, dudit point B' au point D, sommet de l'angle formé par la rencontre de la rive gauche du ruisseau de Barraillon, avec la rive droite du ruisseau de Heuré et point commun aux territoires d'Oraas, d'Athos-Aspis et de Sauveterre ;

A l'*est*, par une ligne droite menée du point D, ci-dessus défini, au point E, angle le plus à l'est de la maison Rance, située dans la commune de Sauveterre ;

Au *sud*, par une ligne droite joignant ce point E au point F, angle le plus à l'est de la maison Arruï-Sèque, située dans la commune d'Athos-Aspis ;

A l'*ouest*, par une ligne droite joignant ce point F au point A', point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, douze hectares, quarante-huit ares (2^k¹, 12^{ha}, 48^a).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger au sel gemme qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Sauveterre.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit à la société concessionnaire des mines de Sauveterre, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — La société concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si la société concessionnaire veut renoncer, etc... (conforme à l'article 7 du décret du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville ; voir *suprà*, p. 118).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais de la société concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré, par extrait, au *Bulletin des lois*.

Fait au Havre, le 10 septembre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Le Ministre des finances,
Georges COCHERY.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DES MINES DE SEL GEMME DE SAUVETERRE (BASSES-PYRÉNÉES).

Art. 1^{er}. — Dans le délai de trois mois, à dater de la notification du décret de concession, il sera planté des bornes sur tous les points servant de limites à la concession où cela sera reconnu nécessaire.

L'opération aura lieu aux frais de la société concessionnaire, à la diligence du préfet, et en présence de l'ingénieur des mines, qui en dressera procès-verbal. Expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture du département des Basses-Pyrénées et à celles des communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 2. — Dans le délai de six mois, à dater de la notification du

décret de concession, la société concessionnaire soumettra au préfet les mémoires, plans et coupes, prévus par l'article 3 de l'ordonnance du 7 mars 1841.

Les plans seront dressés à l'échelle de 1 millimètre par mètre, orientés au nord vrai, et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres.

Les cotes de niveau des points principaux, tels que les orifices des puits, galeries ou trous de sonde, les points de jonction des galeries avec les puits, et des galeries entre elles, par rapport à un plan horizontal fixe et déterminé, seront inscrites en mètres et centimètres sur les plans.

La société concessionnaire y joindra, sur papier transparent, un plan de la surface s'appliquant sur le plan des travaux et figurant la position des maisons ou lieux d'habitation, édifices, voies de communication, eaux minérales, sources alimentant des villes, villages, hameaux et établissements publics, canaux, cours d'eau, etc., etc.

Ces plans devront être accompagnés d'autant de copies qu'il y a de communes comprises dans lesdits projets.

Les projets ci-dessus mentionnés, ainsi que les plans à l'appui, seront, conformément à l'article 3 de l'ordonnance du 7 mars 1841, portés, avant toute décision, à la connaissance du public, dans les formes et conditions prescrites par ledit article.

Les affiches seront apposées à la diligence du préfet, et aux frais de la société concessionnaire.

Art. 3. — L'exécution du projet des travaux sera autorisée, s'il y a lieu, par le préfet, dans le cas où il ne s'est élevé aucune réclamation pendant l'enquête précitée. Dans le cas contraire, il sera statué par le ministre des travaux publics.

S'il est reconnu que les travaux peuvent occasionner quelques-uns des abus ou dangers prévus tant dans le titre V de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, que dans les titres II et III du décret du 3 janvier 1813, l'autorisation ne sera donnée qu'après avoir introduit dans les projets les modifications nécessaires.

Art. 4. — Aucun trou de sonde pour l'exploitation du sel par dissolution ne pourra exister, dans le périmètre de la concession, à une distance horizontale de moins de 150 mètres de tous chemins de fer construits ou à construire, et de moins de 100 mètres de tous canaux établis ou à établir, sans préjudice de l'application ultérieure, s'il y a lieu, de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880.

Art. 5. — Lorsque la société concessionnaire voudra ouvrir un nouveau champ d'exploitation, ou établir de nouveaux puits ou galeries partant du jour, ou changer le mode d'exploitation précédemment adopté, elle devra adresser au préfet un plan général de la concession, un plan des travaux, un mémoire explicatif et le plan de surface correspondant, le tout dressé conformément à ce qui est prescrit par l'article 2 ci-dessus.

Il sera donné suite à ce projet ainsi qu'il est dit à l'article 3.

Art. 6. — Dans le cas où les travaux projetés par la société concessionnaire devraient s'étendre au-dessous ou dans le voisinage immédiat des édifices, maisons, lieux d'habitation, autres exploitations, voies de communication, sources minérales, sources alimentant des villes, villages, hameaux et établissements publics, sous des canaux et cours d'eau, ou à une distance horizontale moindre de 10 mètre, de leurs bords, le projet des travaux devra être préalablement soumis au préfet.

Il y sera donné suite ainsi qu'il est dit à l'article 3, après que les intéressés auront été entendus, et sans préjudice de l'application ultérieure, s'il y a lieu, de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880.

Art. 7. — Dans le voisinage des chemins de fer, il est interdit à la société concessionnaire d'exploiter, par galerie, à toute profondeur, sous une zone de terrain limitée, à la surface, par deux lignes menées parallèlement aux limites du chemin de fer et de ses dépendances, et à 40 mètres de distance de ces limites, si elle n'en a obtenu l'autorisation du préfet donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, la compagnie du chemin de fer et le service du contrôle entendus.

Art. 8. — Chaque année, dans le courant de janvier, la société concessionnaire adressera au préfet les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente. Ces plans, dressés à l'échelle de 1 millimètre par mètre, de manière à pouvoir être rattachés aux plans généraux désignés dans les articles précédents, et renfermant toutes les indications mentionnées auxdits articles, seront vérifiés par l'ingénieur des mines.

La société concessionnaire y joindra, sur papier transparent, une copie du plan de surface, prescrit par les articles 2 et 5, renfermant, avec les modifications qui auraient pu se produire, les indications mentionnées à l'article 2.

Art. 9. — Quand la société concessionnaire voudra abandonner une portion des travaux souterrains, elle sera tenue d'en faire la déclaration à la préfecture et de joindre à cette déclaration un plan des travaux, ainsi qu'un plan correspondant de la surface.

Il sera ensuite procédé comme il est dit aux articles 8, 9 et 10 du décret du 3 janvier 1813.

Art. 10. — Les ouvertures au jour des puits ou galeries qui deviendront inutiles seront comblées ou bouchées par la société concessionnaire suivant le mode qui sera prescrit par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur des mines, et à la diligence des maires des communes sur les territoires desquelles les ouvertures seront situées.

En cas d'inexécution, il sera procédé comme il est dit à l'article 10 du décret du 3 janvier 1813.

Art. 11. — Dans le cas où l'exploitation du sel aurait lieu par dissolution, la société concessionnaire sera tenue d'exécuter tous les travaux qui seront prescrits par le préfet, sur le rapport des ingénieurs

des mines, à l'effet de déterminer la situation et l'étendue des excavations souterraines produites par l'action des eaux.

Art. 12. — La société concessionnaire tiendra constamment en ordre et à jour sur chaque mine :

1° Les plans et coupes des travaux souterrains dressés à l'échelle de 1 millimètre par mètre ;

2° Un registre constatant l'avancement journalier des travaux et les circonstances de l'exploitation dont il sera utile de conserver le souvenir, telles que l'allure des gîtes, leur épaisseur, la qualité du sel, la nature du toit et du mur, le jaugeage des eaux affluant dans la mine, etc., etc. ;

3° Un registre de contrôle journalier des ouvriers employés aux travaux intérieurs et extérieurs ;

4° Un registre d'extraction et de vente.

La société concessionnaire communiquera ces plans et registres aux ingénieurs des mines toutes les fois qu'ils lui en feront la demande.

La société concessionnaire transmettra au préfet, dans la forme et aux époques qui lui seront indiquées, l'état des ouvriers et celui des produits extraits dans le cours de l'année précédente.

Art. 13. — Si les gîtes à exploiter dans la concession de Sauveterre se prolongent hors de cette concession, le préfet pourra ordonner, sur le rapport des ingénieurs des mines, la société concessionnaire ayant été entendue, qu'un massif soit réservé intact sur chaque gîte, près de la limite de la concession, pour éviter que les exploitations soient mises en communication avec celles qui auraient lieu dans une concession voisine, d'une manière préjudiciable à l'une ou à l'autre mine. L'épaisseur de ces massifs sera déterminée par l'arrêté du préfet qui en ordonnera la réserve.

Les massifs ne pourront être traversés ou entamés par un ouvrage quelconque que dans le cas où le préfet, après avoir entendu la société concessionnaire intéressée et sur le rapport des ingénieurs des mines, aura autorisé cet ouvrage et prescrit le mode suivant lequel il devra être exécuté. Dans le cas où l'utilité de ces massifs aurait cessé, un arrêté du préfet autorisera la société concessionnaire à exploiter la partie qui lui appartiendra.

Art. 14. — Dans le cas où il serait reconnu nécessaire d'exécuter des travaux ayant pour but, soit de mettre en communication les mines des deux concessions pour l'aérage ou pour l'écoulement des eaux, soit d'ouvrir des voies d'aérage, d'écoulement ou de secours destinées au service des mines de la concession voisine, la société concessionnaire sera tenue de souffrir l'exécution de ces travaux et d'y participer dans la proportion de son intérêt.

Ces ouvrages seront ordonnés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, la société concessionnaire ayant été entendue.

En cas d'urgence, les travaux pourront être entrepris sur la simple

réquisition de l'ingénieur des mines du département, conformément à l'article 14 du décret du 3 janvier 1813.

Art. 15. — Si des gîtes de minerais étrangers au sel gemme, compris dans l'étendue de la concession de Sauveterre, sont exploités légalement par les propriétaires du sol, ou deviennent l'objet d'une concession particulière accordée à des tiers, la société concessionnaire des mines de Sauveterre sera tenue de souffrir les travaux que l'Administration reconnaîtrait utiles à l'exploitation desdits minerais, et même, si cela est nécessaire, le passage dans ses propres travaux, le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Décret du Président de la République, du 29 septembre 1896, autorisant l'établissement d'un dépôt de dynamite de 2^e catégorie sur le territoire de la commune de FUMAY (Ardennes) (contenance maximum : 50 kilogrammes).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Les s^{rs} Guichard, directeur de l'ardoisière Saint-Joseph, et Blandiaux, maître de carrière à Fumay (Ardennes), sont autorisés à établir un dépôt de dynamite de 2^e catégorie sur le territoire de la commune de Fumay (Ardennes), sous les conditions énoncées aux articles suivants.

Art. 2. — Le dépôt sera établi dans l'emplacement marqué sur le plan d'ensemble produit par les pétitionnaires et annexé au présent décret.

Art. 3. — La chambre de dépôt sera installée, conformément au plan de détail joint également au présent décret, dans une des branches latérales d'une galerie souterraine creusée en forme de T.

La chambre de dépôt et la galerie d'accès seront fermées par deux portes solides, munies de serrures de sûreté ; ses parois seront recouvertes d'un enduit propre à préserver la dynamite de l'humidité.

Art. 4. — Avant que le dépôt puisse être mis en service, etc... (*).

(*) Voir décret du 10 janvier 1896 (dépôt de dynamite à Mayres, — Ardèche), *suprà*, p. 37.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

DÉLÉGUÉS A LA SÉCURITÉ DES OUVRIERS MINEURS. —
RENOUVELLEMENT TRIENNAL.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 1^{er} septembre 1896.

Monsieur le Préfet, le moment approche où il y aura lieu de procéder au renouvellement triennal des délégués à la sécurité des ouvriers mineurs. Les dernières élections, faites par application de la loi du 8 juillet 1890 (*), pour la nomination des délégués, ont commencé au mois d'octobre 1893 et se sont poursuivies pendant les mois suivants. Il importe de se préoccuper dès maintenant de prendre les dispositions nécessaires pour que les nouvelles élections aient lieu régulièrement, dans chaque circonscription de délégué, à l'expiration du délai de trois ans fixé par la loi.

Les circulaires de mes prédécesseurs, en date des 19 juillet 1890 (**) et 9 septembre 1893 (***), ont tracé les règles qui président aux opérations électorales et indiqué la forme dans laquelle les résultats des élections doivent être portés à la connaissance de l'Administration supérieure ; je n'ai rien à ajouter à ces instructions, auxquelles je vous prie de vouloir bien vous conformer.

Je signale seulement à votre attention particulière le dernier paragraphe de la circulaire du 9 septembre 1893. Les prescriptions qu'il renferme ont été parfois perdues de vue. Ainsi qu'il y est recommandé, il suffit, toutes les fois qu'une élection n'a mis en jeu aucune question de principe ou d'une gravité spéciale, d'en

(*) Volume de 1890, p. 256.

(**) Volume de 1890, p. 351.

(***) Volume de 1893, p. 494.

transmettre les résultats à l'Administration sous la forme du bulletin annexé à la circulaire du 9 septembre. Dans le cas, d'ailleurs, où une élection est déferée au conseil de préfecture, vous devez adresser au ministère une copie de l'arrêté du conseil, avec un rapport des ingénieurs des mines et vos observations personnelles, s'il y a lieu.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

APPAREILS A VAPEUR. — TAMBOURS SÉCHEURS CONTENANT DE LA VAPEUR SOUS PRESSION, EMPLOYÉS DANS LES PAPETERIES. — MESURES DE SÉCURITÉ.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 1^{er} septembre 1896.

Monsieur le Préfet, trois grands cylindres sécheurs en fonte, de 2^m,50 de diamètre, provenant de chez le même constructeur et présentant des dispositions similaires, ont fait explosion dans des fabriques de papier : le 28 septembre 1893, à Bousbecque (Nord) ; le 16 janvier 1895, à Cugand (Vendée) ; et le 7 avril 1896, à Conty (Somme). Ces accidents paraissent devoir être principalement rapportés à la constitution défectueuse des appareils, eu égard à leurs conditions de service. D'autre part, la forme des cylindres à leurs extrémités n'avait pas été établie de manière à prévenir les inconvénients du retrait de la fonte lors de la coulée des pièces. Enfin, en raison des dimensions considérables des appareils, les dilatations inégales de leurs différentes parties et les efforts de flexion tendaient à faire céder la paroi cylindrique suivant un cercle, immédiatement en arrière de chacune des brides d'attache des fonds. Ce sont des ruptures circulaires, ainsi placées, qui ont caractérisé chacun des accidents dont il s'agit.

Je vous prie de vouloir bien inviter M. l'ingénieur en chef des mines, chargé de la surveillance des appareils à vapeur de votre département, à appeler sur ces faits l'attention des fabricants de papier qui feraient usage de tambours sécheurs analogues.

J'adresse directement ampliation de la présente circulaire à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

FRANCHISE POSTALE. — EXPÉDITIONS ABUSIVES DE PAQUETS D'IMPRIMÉS. —
INSTRUCTIONS.

A M.

, *Ingénieur en chef des*

Paris, le 17 septembre 1896.

Monsieur l'Ingénieur en chef, M. le sous-secrétaire d'État des postes et des télégraphes a signalé à mon administration les irrégularités chaque jour plus nombreuses, relevées contre des fonctionnaires de tous ordres, et qui consistent à transmettre en franchise des quantités considérables d'imprimés, réunis en paquets lourds et volumineux, qui, par leur nature et leur poids, paraissent devoir rentrer dans le domaine de la messagerie.

Il y a là de véritables abus préjudiciables, non seulement aux intérêts du Trésor, mais encore au fonctionnement même du service des postes, qui n'est ni organisé, ni outillé pour effectuer le transport de semblables colis.

Afin de remédier à cet état de choses, l'administration des postes se propose d'exiger, tant de la part de ses agents que de celle des fonctionnaires expéditeurs, une scrupuleuse observation de l'ordonnance du 17 novembre 1844.

Aux termes de l'article 1^{er} de ce texte, la franchise postale appartient de droit à la *correspondance* des fonctionnaires publics, exclusivement relative au service de l'État, c'est-à-dire à toutes les lettres ou communications écrites échangées, pour les besoins du service, entre les fonctionnaires désignés dans le tableau 3 annexé à ladite ordonnance.

Toutefois, diverses dispositions ont *assimilé* à la correspondance de service et, en conséquence, admis au transport gratuit, certains objets et imprimés dont la nomenclature est également donnée par l'ordonnance. Parmi les imprimés figurent :

1° Les budgets, rapports, comptes rendus, circulaires, affiches et autres publications officielles faites directement par le Gouver-

nement ou par ses agents en son nom (*art. 8, § 4 de l'ordonnance* :

2° Toutes autres publications ou autres imprimés concernant le service direct du Gouvernement qui auront été achetés sur les fonds de l'État, à la condition que ces imprimés soient expédiés sous bandes et qu'ils soient accompagnés d'une déclaration écrite, revêtue de la signature du contresignataire et indiquant :

Le titre de chaque ouvrage ;

Le nombre d'exemplaires à expédier ;

La qualité du destinataire et, enfin, que l'envoi est fait pour le service du Gouvernement (*art. 8, § 5*).

Le poids des paquets contenant les imprimés énumérés dans les deux paragraphes précédents ne doit jamais dépasser 5 kilogrammes, maximum fixé pour le poids des dépêches officielles de toute nature (*art. 60*) ;

3° Les formules imprimées à l'usage des fonctionnaires, payées sur les fonds de l'État et réunies en paquets n'excédant pas 500 grammes, sans qu'il puisse être envoyé, le même jour, plus d'un paquet par le même fonctionnaire expéditeur au même destinataire (*art. 9, § 28*).

Ces dispositions ont été combinées de manière à répondre à la fois aux exigences des services publics et aux nécessités du service postal, mais à la condition qu'elles soient en tout point respectées.

L'article 4 de cette ordonnance, complété par les articles 6 et 7 du décret du 24 août 1848, autorise, d'ailleurs, l'administration des postes, en cas de suspicion de fraude, ou d'omission d'une seule des formalités prescrites, à taxer en totalité les dépêches, à exiger que leur contenu soit vérifié, en présence des agents des postes, par les fonctionnaires destinataires et, au besoin, à provoquer des poursuites judiciaires contre les auteurs de fraudes reconnues.

Je désire, Monsieur l'Ingénieur en chef, que les fonctionnaires relevant du ministère des travaux publics tiennent rigoureusement compte des observations de M. le sous-secrétaire d'État des postes et des télégraphes, et qu'ils ne s'écartent en aucun point, en matière de franchise postale, des règles que je viens de rappeler.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

APPAREILS A VAPEUR PLACÉS A BORD DES BATEAUX QUI NAVIGUENT DANS
LES EAUX MARITIMES. — ÉVALUATION DE LA PUISSANCE D'ÉVACUATION
DES SOUPAPES DE SÛRETÉ.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 22 septembre 1896.

Monsieur le Préfet, l'expérience nécessaire pour reconnaître si une soupape de sûreté possède la puissance d'évacuation exigée par l'article 18 du décret du 1^{er} février 1893 (*) serait illégale, si l'on poussait réellement, pour cette vérification, la pression au-dessus du timbre de la chaudière. Il est essentiel que les commissions de surveillance des bateaux à vapeur des ports maritimes évitent, dans les expériences de cette espèce, toute contravention et toute imprudence, et, à cet effet, j'ai arrêté, d'accord avec la commission centrale des machines à vapeur, les règles ci-après :

Pour vérifier, par l'expérience, la puissance d'évacuation d'une soupape, il convient tout d'abord d'en réduire la charge, de manière à abaisser sa pression de levée, au-dessous de la pression correspondant au timbre, de $1/10$ de cette dernière ou d'un peu davantage. Il va sans dire que la chaudière doit être à ce moment à une pression inférieure encore à cette nouvelle pression de levée de la soupape. On laisse l'autre soupape de sûreté, ou la soupape avertisseuse, réglée normalement comme elle doit l'être. Les choses étant ainsi disposées, on élève la pression dans la chaudière. A l'instant où la soupape en expérience se lève, on note la pression correspondante, et, à partir de cet instant, on entretient un feu vif, mais sans recourir à aucun procédé exceptionnel et en conservant le mode de tirage usité en service normal. Pendant ce temps, la chaudière ne fournit pas de vapeur à la machine motrice du bateau ; on a soin néanmoins de l'alimenter pour autant qu'il est utile de le faire, au moyen de l'appareil d'alimentation indépendant de la machine motrice. Dans ces conditions la soupape en expérience doit suffire à débiter toute la vapeur produite, sans que l'augmentation de pression soit de plus de $1/10$ de la valeur du timbre.

Si cette condition est remplie, on admettra, par une analogie

(*) Volume de 1893, p. 21.

qui n'est pas rigoureusement exacte, mais qui suffit pour la pratique, qu'à partir de la pression du timbre la même soupape eût suffi à débiter toute la vapeur produite, sans qu'il se fît de surpression de plus de $\frac{1}{10}$ du timbre.

Cette méthode ne comporte aucune élévation de la pression au-dessus du chiffre du timbre, et, employée avec discernement, elle se concilie d'autant mieux avec les règles de la prudence, que l'autre soupape reste réglée de façon normale pour jouer son rôle, s'il y a lieu.

Dans le cas spécial où il paraîtrait utile à la commission de surveillance, par motif de prudence, de ne pas même élever la pression dans la chaudière à la valeur du timbre, la méthode ci-dessus serait modifiée en conséquence, au moyen d'un déchargement approprié de la soupape à expérimenter.

J'adresse directement ampliation de la présente à M. l'Ingénieur en chef du service maritime.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

JURISPRUDENCE.

MINES. — DOMMAGES A LA SURFACE. — MODE DE RÉPARATION.

(Affaire DELASSUS CONTRE C^{ie} DES MINES DE LIÉVIN.)

I.—*Jugement rendu, le 1^{er} juin 1894, par le tribunal civil de Béthune.*

(EXTRAIT.)

Attendu que les experts commis par jugement de ce tribunal du 1^{er} décembre 1892, ont procédé à leurs opérations, ainsi qu'il appert d'un rapport en date du 1^{er} septembre 1893 déposé au greffe de ce tribunal le 11 septembre suivant ; qu'il résulte de ce rapport que Delassus est propriétaire, à Liévin, de deux immeubles contigus, l'un à usage de boucherie, l'autre à usage de débit de boissons ;

Attendu que les experts constatent que ces deux immeubles sont atteints par l'affaissement du sol et les inondations fréquentes se répétant de plus en plus souvent ; que les murs des caves et les voûtes sont recouverts d'un dépôt noirâtre et visqueux comme ceux d'un souterrain ; que les rez-de-chaussée sont délabrés, les enduits tombés, les carrelages décollés, les tapisseries et boiseries tachées, les murs dégarnis, le sol dénivelé ; qu'à l'étage, aux façades, on remarque des fissures, des décollements ; qu'enfin les citernes ne sont plus étanches ;

Attendu que lesdits experts ajoutent que tous ces désordres sont imputables directement à l'affaissement du sol ; que cet affaissement a été, à l'endroit des maisons Delassus, depuis 1888 jusqu'en 1893, au moins d'un mètre quatre-vingts centimètres ;

Attendu que la C^{ie} de Liévin ne conteste pas la responsabilité de l'affaissement du sol sous les immeubles litigieux ; que, d'ailleurs, les dates d'exploitation des mines de charbon qui s'étendent sous la propriété de Delassus ne laissent aucun doute sur la responsabilité de la compagnie ;

Attendu qu'à tort les experts, après avoir déterminé les désordres survenus aux immeubles de Delassus et imputables à la C^{ie} de Liévin, estiment qu'il y a lieu de surseoir à toute réparation des

immeubles litigieux jusqu'à ce que, grâce aux travaux projetés à Liévin, ils soient mis à l'abri des inondations fréquentes qui s'y produisent et d'ordonner seulement, pour le moment où ce résultat sera atteint, l'exécution immédiate des réparations;

Attendu, en effet, qu'à supposer que la Société des mines de Liévin soit en instance d'obtenir la déclaration d'utilité publique de travaux à exécuter, dans la commune de Liévin, pour agrandir la rivière la Souchez et la fausse rivière, pour créer un aqueduc qui assurerait convenablement l'écoulement des eaux et écarterait le danger continuel d'inondation, Delassus ne peut être contraint d'attendre l'exécution, fût-elle même probable, de ces travaux pour obtenir justice ; que Delassus a incontestablement droit à la réparation immédiate du préjudice qu'il a souffert ; que la C^{ie} de Liévin, auteur des affaissements et, partant, des inondations qui en sont la conséquence, doit donc être tenue de faire de suite tous travaux nécessaires, sous la surveillance et la direction de l'un des experts commis pour mettre les immeubles de Delassus à l'abri de ces affaissements et inondations, les rendre habitables et susceptibles de servir au commerce du demandeur ;

Que l'unique moyen d'arriver à ce résultat est d'exhausser ces immeubles d'autant qu'ils ont été affaissés ; qu'ainsi les caves seront à l'abri de toute inondation, se trouveront à un niveau supérieur à celui du sol actuel, c'est-à-dire supérieur au fond de la cuvette formée par l'affaissement ;

Attendu que les experts ont justement apprécié et fixé l'indemnité due pour le préjudice de toute nature éprouvé par Delassus jusqu'au 1^{er} septembre 1893, celle pour la privation de jouissance, gêne de toute nature depuis le 1^{er} septembre 1893, jusqu'au moment où l'immeuble litigieux sera réparé et, enfin, la dépréciation des immeubles dont il s'agit ; qu'il y a lieu d'entériner le rapport desdits experts sur ces points.

Pour ces motifs :

Le tribunal, sans s'arrêter aux conclusions subsidiaires de Delassus, lesquelles sont rejetées comme mal fondées et inopérantes, condamne la C^{ie} de Liévin à exhausser, à ses frais, les immeubles litigieux aux fins de les rendre habitables et propres au commerce auquel ils sont destinés ;

Dit que lesdits travaux seront exécutés sous la direction et la surveillance de N..., expert déjà commis, et devront être terminés dans les six mois de la signification du jugement ;

Entérine le rapport d'expertise dont s'agit en ce qu'il n'a rien de contraire au présent jugement ;

Condamne la C^{ie} des mines de Liévin à payer à Delassus :

1° Pour préjudice de toute nature éprouvé par Delassus jusqu'au 1^{er} septembre 1893, une indemnité de 3.625 francs, payable dès à présent ;

2° Pour privation de jouissance et gêne de toute nature depuis le 1^{er} septembre 1893 jusqu'au moment où les immeubles litigieux seront réparés, une indemnité calculée à raison de 975 francs par an ;

3° Pour la dépréciation de l'immeuble imputable à la C^{ie} des mines de Liévin, une indemnité de 1.500 francs payable après l'achèvement des travaux ;

Déboute la C^{ie} de Liévin de ses demandes, fins et conclusions et la condamne aux dépens.

II. — *Arrêt rendu, le 9 mai 1895, par la cour d'appel de Douai.*

(EXTRAIT.)

Attendu que la C^{ie} des mines de Liévin ne conteste pas sa responsabilité, pour partie tout au moins, des dégâts dont se plaint le demandeur ; que le litige a pour objet, d'une part, l'exécution des travaux de réparation nécessités par l'affaissement des deux immeubles appartenant à Delassus et situés rue Defernez, à Liévin, et, d'autre part, la fixation des indemnités auxquelles ledit Delassus a droit de prétendre ;

Sur les travaux de réparation :

Attendu que la C^{ie} appelante demande, sur ce point, l'entérinement du rapport des experts et conclut à ce qu'il soit sursis à l'exécution des réparations jusqu'après l'achèvement des travaux projetés à Liévin pour l'approfondissement du lit de la Souchez et la création d'un nouvel égout destiné à donner aux eaux pluviales un écoulement souterrain ; que cette prétention a été, à bon droit, repoussée par les premiers juges ; qu'en effet, Delassus, subissant un préjudice actuel, est fondé à en demander la réparation immédiate et ne peut être tenu d'attendre l'exécution, tout au moins future, sinon incertaine, des travaux de voirie projetés dans la commune de Liévin.

Attendu que, subsidiairement, la compagnie minière offre de procéder, dès maintenant, à ses risques et périls, aux réparations prévues par les experts comme ne devant être effectuées qu'après l'approfondissement du lit de la Souchez ; que cette demande ne saurait être accueillie ; qu'en effet, il résulte du procès-verbal

d'expertise qu'il serait inutile d'entreprendre la réparation des désordres, tant que le danger des inondations subsiste, parce que ces désordres se renouvelleraient inévitablement, et que la privation de jouissance continuerait après comme avant les réparations ;

Attendu que Delassus demande éventuellement que, pour lui tenir lieu des réparations à faire dans ses immeubles, il lui soit alloué une somme de 17.500 francs afférente à la maison à usage de boucherie, et une somme de 7.000 francs afférente à la maison à usage d'estaminet ; que ce mode de règlement, qui consiste à substituer une allocation en argent à la réparation matérielle des dégâts, présente des dangers et doit être rejeté ; que parfois, en effet, les propriétaires, après avoir reçu une indemnité pécuniaire, s'abstiennent de réparer leurs immeubles, de sorte que les désordres s'aggravent en se perpétuant, et ne tardent pas à faire naître de nouvelles demandes d'indemnité ;

Attendu que ces diverses solutions, proposées au principal ou au subsidiaire par les parties, étant inapplicables ou inefficaces, il y a lieu de s'en tenir à celle adoptée par les premiers juges, qui consiste à faire surélever de la profondeur de l'affaissement, c'est-à-dire de 1^m,80, les constructions atteintes par les travaux souterrains de la mine, cet exhaussement ne devant, d'ailleurs, pas s'appliquer à la porte cochère de l'immeuble à usage de boucherie et au passage qui va de cette porte cochère dans la cour de Delassus ;

Sur les indemnités :

Attendu que la C¹e de Liévin n'est pas fondée à demander que les indemnités allouées par le tribunal subissent une réduction résultant de ce que l'exhaussement de la rue Defernez et la construction de maisons en amont (faits dont elle n'a pas à répondre) auraient aggravé les inondations qui ont causé préjudice à Delassus ; qu'en effet les experts constatent que l'invasion des eaux a été déterminée par les travaux de la mine qui ont amené l'affaissement du sol en forme de cuvette et se serait produite même dans le cas où la rue n'aurait pas été exhaussée et où des constructions nouvelles n'auraient pas été édifiées à Liévin ; que d'ailleurs ils ont tenu compte, dans l'évaluation de ces indemnités, de ces circonstances spécialement visées dans leur rapport ;

Attendu que, de son côté, Delassus n'est pas fondé à faire élever à 10.000 francs l'indemnité pour privation de jouissance de l'immeuble à usage de boucherie et à 1.000 francs l'indemnité pour défaut d'étanchéité des citernes ; que les évaluations faites

par les premiers juges, conformément au procès-verbal d'expertise, sont justes et doivent être maintenues ; que, cependant, il y a lieu de supprimer l'indemnité de 1.500 francs allouée à tort par le jugement ;

Qu'en effet cette somme fait double emploi avec l'exhaussement ordonné et ne pourrait s'appliquer que dans le cas où les immeubles seraient maintenus, après réparation, dans leur état actuel ;

Attendu que les indemnités prévues par les experts et accordées par le tribunal de Béthune, ont été arrêtées à la date du 1^{er} septembre 1893 ; que Delassus demande que leur terme soit fixé à la date du présent arrêt ; qu'il y a lieu de faire droit à cette réclamation en augmentant de 1.500 francs le chiffre des dommages-intérêts, c'est-à-dire en les portant de 3.625 francs à 5.125 francs, ladite somme de 5.125 francs représentant le préjudice de toute nature éprouvé par Delassus jusqu'au moment présent ;

Attendu que l'allocation annuelle de 975 francs à partir du 1^{er} septembre 1893, jusqu'au moment où les travaux de réparations seront terminés n'a plus de raison d'être ; qu'il y a lieu de la supprimer, en réservant Delassus dans ses droits pour l'indemnité qui pourrait lui être due pendant la durée des travaux d'exhaussement ;

Par ces motifs et adoptant au besoin ceux du jugement attaqué en tant qu'ils ne sont pas contraires au présent arrêt,

La cour, confirmant et réformant,

Condamne la C^{ie} des mines de Liévin à réparer et exhausser, à ses frais, les constructions érigées sur les immeubles litigieux, afin de les rendre habitables et propres au commerce auquel elles sont destinées ;

Dit que cet exhaussement ne devra pas dépasser 1^m,80, et pourra être moindre si les parties s'entendent pour une moindre surélévation ;

Dit que le seuil de la porte cochère ne sera pas exhaussé, le passage de la rue dans la cour devant rester accessible aux voitures ;

Dit que ces travaux seront exécutés sous la direction et la surveillance de N..., expert déjà commis, et devront être terminés dans les six mois à partir de la signification de l'arrêt ;

Entérine le rapport d'expertise en ce qu'il n'a rien de contraire aux présentes dispositions ;

Condamne la C^{ie} des mines de Liévin à payer à Delassus, pour

préjudice de toute nature éprouvé par celui-ci jusqu'au moment actuel, une indemnité de 5.125 francs payable dès à présent, sans qu'il y ait lieu d'y ajouter des intérêts judiciaires ;

Réserve Delassus dans ses droits à raison de l'indemnité qui pourrait lui être due pour préjudice subi pendant la durée des travaux d'exhaussement ;

A plus ou autrement prétendre déclare les parties respectivement non recevables et mal fondées ; les déboute de toutes conclusions contraires au présent arrêt ;

Confirme les dispositions du jugement qui ne sont pas atteintes par celles qui précèdent ; condamne la C^{ie} de Liévin à l'amende et en tous les dépens de la cause d'appel.

III. — *Arrêt rendu, le 8 juillet 1896, par la cour de cassation (Chambre des requêtes).*

(EXTRAIT.)

Sur le moyen unique pris de la violation des articles 15 et 43 de la loi du 21 avril 1810 et de la loi du 27 juillet 1880 :

Attendu que la prétention du pourvoi est d'interdire aux tribunaux chargés de réparer les dommages causés aux propriétés de la superficie par les travaux souterrains des mines, le pouvoir d'ordonner au cas d'affaissement du sol un remblai ou exhaussement pour rétablir les niveaux, et de prononcer autre chose qu'une réparation pécuniaire ;

Attendu que la C^{ie} des mines de Liévin, loin de soulever cette difficulté devant les juges d'appel, acquiesçait en principe dans ses conclusions à la confection de travaux matériels et se bornait à exclure l'exhaussement comme trop onéreux ; qu'ainsi la cour d'appel n'a pas été appelée à discuter la prétendue question de droit, base actuelle du pourvoi ;

Attendu que ni les divers articles de la loi de 1810, qui parlent d'indemnités sans ajouter les mots : « purement pécuniaires », ni l'article 43 de la loi du 27 juillet 1880, d'après lequel la réparation reste soumise au droit commun, n'autorisent la demanderesse à soutenir que ces lois aient été violées par l'arrêt attaqué.

Par ces motifs, rejette le pourvoi.

PERSONNEL.



MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ADMINISTRATION CENTRALE.

Décret, du 1^{er} septembre 1896, modifiant l'organisation de l'administration centrale du ministère des travaux publics.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre des travaux publics,
Vu l'article 16 de la loi de finances, du 29 décembre 1882, ainsi conçu :

« Avant le 1^{er} janvier 1884, l'organisation centrale de chaque ministère sera réglée par un décret rendu dans la forme des règlements d'administration publique et inséré au *Journal officiel*. Aucune modification ne pourra être apportée que dans la même forme et avec la même publicité ; »

Vu les décrets des 27 mars 1885, 3 septembre 1888, 18 décembre 1889 et 4 août 1893 (*), réorganisant l'administration centrale des travaux publics ;

Le conseil d'État entendu,

Décète :

Art. 1^{er}. — Le tableau indiquant le nombre et les attributions des divisions et des bureaux dont se composent le cabinet et les directions, ainsi que le nombre des chefs de division, chefs et sous-chefs de bureau, est modifié ainsi qu'il suit :

(*) Volumes de 1885, p. 73 ; de 1888, p. 289 ; de 1889, p. 388 ; de 1893, p. 477.

DÉSIGNATION	DIRECTEURS	CHEFS de division	CHEFS de bureau	SOUS-CHEFS de bureau
CABINET DU MINISTRE.				
Bureau du cabinet et de l'enregistrement. — Service spécial du contrôle des dépenses engagées. — Bibliothèque du ministère. — Souscriptions et abonnements.....	»	»	1	1
Direction du personnel et de la comptabilité....	1	»	»	»
Division du personnel	»	1	»	»
1 ^{er} bureau — Administration centrale. — Ingé- nieurs des ponts et chaussées et des mines. — Ecoles. — Personnel du contrôle et de la sur- veillance des chemins de fer. — Questions militaires. — Distinctions honorifiques.....	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Conducteurs des ponts et chaus- sées. — Contrôleurs des mines. — Agents inférieurs.....	»	»	1	1
3 ^e bureau. — Pensions. — Secours. — Retenues pour la retraite. — Contrôles. — Matricules. — Annuaire, etc.....	»	»	1	2
Division de la comptabilité.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau — Opérations centrales de comp- tabilité. — Ordonnancement. — Préparation du bud. et. — Caisse.....	»	»	1	3
2 ^e bureau. — Comptabilité des ponts et chaus- sées et des mines.....	»	»	1	1
3 ^e bureau. — Service intérieur. — Archives. — Service central d'expéditions et d'autogra- phies	»	»	1	2
Direction des routes, de la navigation et des mines	1	»	»	»
Division des routes et ponts.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Routes nationales.....	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Routes départementales. — Police du roulage. — Voies ferrées sur les quais des ports	»	»	1	1
Division de la navigation.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Ports maritimes — Phares et balises.	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Voies navigables et flottables ...	»	»	1	2
3 ^e bureau. — Canaux de navigation.....	»	»	1	1
Division des mines.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Mines	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Statistique de l'industrie miné- rale et des appareils à vapeur.....	»	»	1	1
A reporter.....	2	5	14	19

DÉSIGNATION	DIRECTEURS	CHEFS de bureau	CHEFS de division	SOUS-CHEFS de bureau
Report.....	2	5	14	19
Direction des chemins de fer.	1	»	»	»
Division des concessions, du budget et du contrôle financier.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Questions relatives à la construction des chemins de fer et aux concessions. — Préparation du budget de la construction des chemins de fer.....	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Vérification des comptes des compagnies.....	»	»	1	1
Division des travaux.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Travaux sur les réseaux du Nord, de l'Est, de l'Ouest, de Paris-Lyon-Méditerranée, de Grande et de Petite-Ceinture.....	»	»	1	2
2 ^e bureau. — Travaux sur les réseaux de l'Etat, d'Orléans et du Midi.....	»	»	1	1
Division de l'exploitation commerciale.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Tarifs et frais accessoires.....	»	»	1	1
2 ^e bureau. — Transports des administrations publiques. — Rapports des agents de chemins de fer et des compagnies. — Conventions internationales.....	»	»	1	1
Division de l'exploitation technique et de la statistique.....	»	1	»	»
1 ^{er} bureau. — Exploitation technique.....	»	»	1	2
2 ^e bureau. — Statistique des chemins de fer...	»	»	1	1
Totaux.....	3	9	22	29

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletins des lois*.

Fait au Havre, le 1^{er} septembre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République:

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Décret du 12 septembre 1896. — **M. Holtz**, Inspecteur général de 2^e classe au corps national des Ponts et Chaussées, Directeur des chemins de fer, est nommé Inspecteur général de 1^{re} classe, pour prendre rang à dater du 9 septembre 1896.

Décret du 12 septembre 1896. — **M. Guillain**, Inspecteur général de 2^e classe au corps national des Ponts et Chaussées, Directeur des routes, de la navigation et des mines, est nommé Inspecteur général de 1^{re} classe hors cadre, pour prendre rang à dater du 10 septembre 1896.

Décret du 12 septembre 1896. — **M. Lethier**, Inspecteur général de 2^e classe au corps national des Ponts et Chaussées, est nommé Directeur des chemins de fer en remplacement de **M. Holtz**, relevé, sur sa demande, de ses fonctions.

I. — Ingénieurs.

DÉCORATION.

Décret du 19 septembre 1896. — **M. Beaugey**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, est nommé Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur (sur la proposition du Ministre de la Guerre).

NOMINATIONS.

Décret du 1^{er} septembre 1896. — Sont nommés Élèves-Ingénieurs de 3^e classe au corps national des Mines, pour prendre rang à dater du 1^{er} octobre 1896, les Élèves de l'École Polytechnique dont les noms suivent, savoir :

MM. de Nanteuil de la Norville,
Dutilleul,
Pelnard.

A dater du 1^{er} octobre 1896, ces Élèves-Ingénieurs iront accom-

plir leur 3^e année de service militaire comme sous-lieutenants de réserve dans l'arme de l'Artillerie.

PROMOTIONS.

Décret du 25 septembre 1896. — Sont nommés Ingénieurs en Chef de 2^e classe, pour prendre rang à dater du 1^{er} octobre 1896, les Ingénieurs ordinaires de 1^{re} classe dont les noms suivent, savoir :

**MM. Henriot,
Sauvage,
Dougados.**

DISPONIBILITÉ.

Arrêté du 30 septembre 1896. — **M. de Béchevel**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand et attaché, en outre, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans et de Paris à Lyon et à la Méditerranée, est mis en disponibilité pour raisons de santé.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 8 septembre 1896. — **M. Perrin**, Ingénieur en Chef de 1^{re} classe, au Mans, est chargé, à la résidence de Paris, du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans, en remplacement de **M. Monestier**, élu sénateur.

Arrêté du 9 septembre. — **M. Henriot**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe (*), chargé du sous-arrondissement minéralogique de Reims, est chargé du service de l'arrondissement minéralogique du Mans, en remplacement de **M. Perrin**.

Décision du 21 septembre. — **M. Villain**, Ingénieur ordinaire de 2^e classe, à Vesoul, est chargé de l'intérim du sous-arrondissement minéralogique de Reims, jusqu'à la désignation du successeur de **M. l'Ingénieur Henriot**.

(*) Voir *suprà* le décret du 25 septembre 1896.

II. — Contrôleurs des mines.

DÉCISIONS DIVERSES.

29 septembre 1896. — M. **Béatrix**, Contrôleur de 4^e classe, attaché, dans le département des Landes, à la résidence de Mont-de-Marsan, au service du sous-arrondissement minéralogique de Bordeaux-Sud, est attaché, en outre, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer du Midi.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 7 septembre 1896. — Le service du contrôle de l'exploitation de la section de la ligne de Dieppe au Havre, comprise entre Montivilliers et Rolleville (réseau de l'Ouest), est rattaché, savoir :

- 1^o Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :
Au 2^o arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Amiens;
- 2^o Pour le contrôle de l'Exploitation technique :
Au 2^o arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Rouen;
- 3^o Pour le contrôle de l'Exploitation commerciale :
A la 2^o circonscription d'Inspecteur, à Paris;
- 4^o Pour la surveillance administrative :
Au commissariat du Havre.

Arrêté du 7 septembre. — Le service d'inspection de la section de la ligne de Cagnac à Bordeaux comprise entre l'aiguille de raccordement avec la ligne de jonction des réseaux d'Orléans et du Midi et le terminus de la nouvelle gare de Bordeaux-État (réseau de l'État) est rattaché, savoir :

- 1^o Pour l'inspection de la voie et des bâtiments :
Au 3^o arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Bordeaux;

2° Pour l'inspection de l'exploitation technique :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Bordeaux ;

3° Pour l'inspection de l'exploitation commerciale .

A la 2° circonscription d'inspecteur, à Tours ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Bordeaux-Saint-Jean.

Arrêté du 7 septembre. — Le service du contrôle de l'exploitation de la ligne de Carhaix à Rosporden (réseau de l'Ouest) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 4° arrondissement d'Ingénieur ordinaire, au Mans ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur ordinaire, au Mans ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 3° circonscription d'Inspecteur à Rennes ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Morlaix.

Arrêté du 7 septembre. — Le service du contrôle de l'exploitation de la ligne de Saint-Sernin à Largentière (réseau de Paris-Lyon-Méditerranée) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 6° arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Montpellier ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 6° arrondissement d'Ingénieur ordinaire, à Montpellier ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 5° circonscription d'Inspecteur, à Marseille ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat du Teil.

Arrêté du 28 septembre. — Le service du contrôle de Toul à Pont-Saint-Vincent (réseau de l'Est) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 2° arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, à Nancy ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 2° arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines, à Nancy ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale

A la 3° circonscription d'Inspecteur, à Nancy ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Nancy.

Arrêté du 29 septembre 1896. — Le service du contrôle de l'exploitation de la ligne de Tournemire au Vigan (réseau du Midi) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, à Montpellier ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines, Montpellier ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 2° circonscription d'Inspecteur de l'exploitation commerciale ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Millau.

Fig. 9.

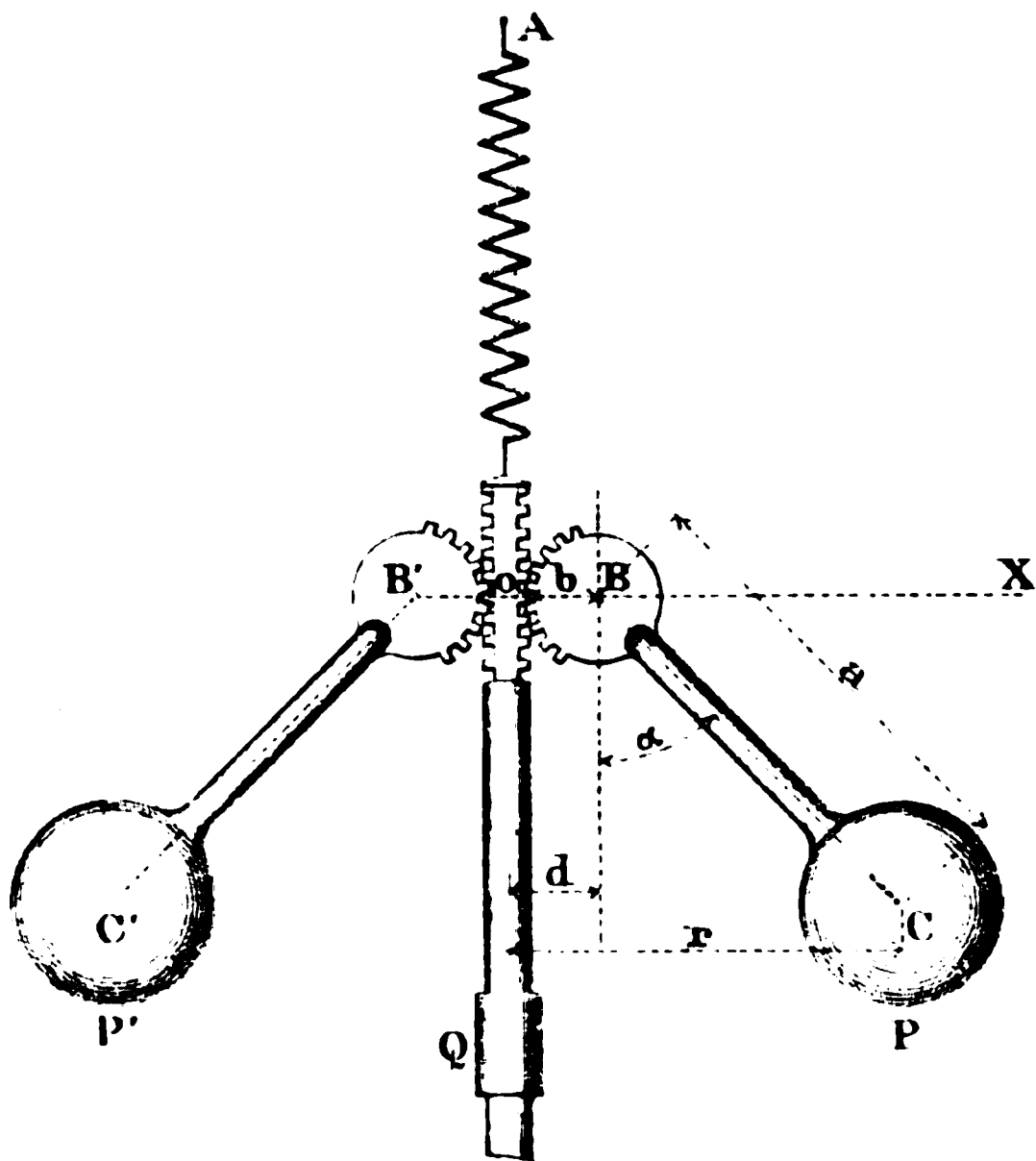
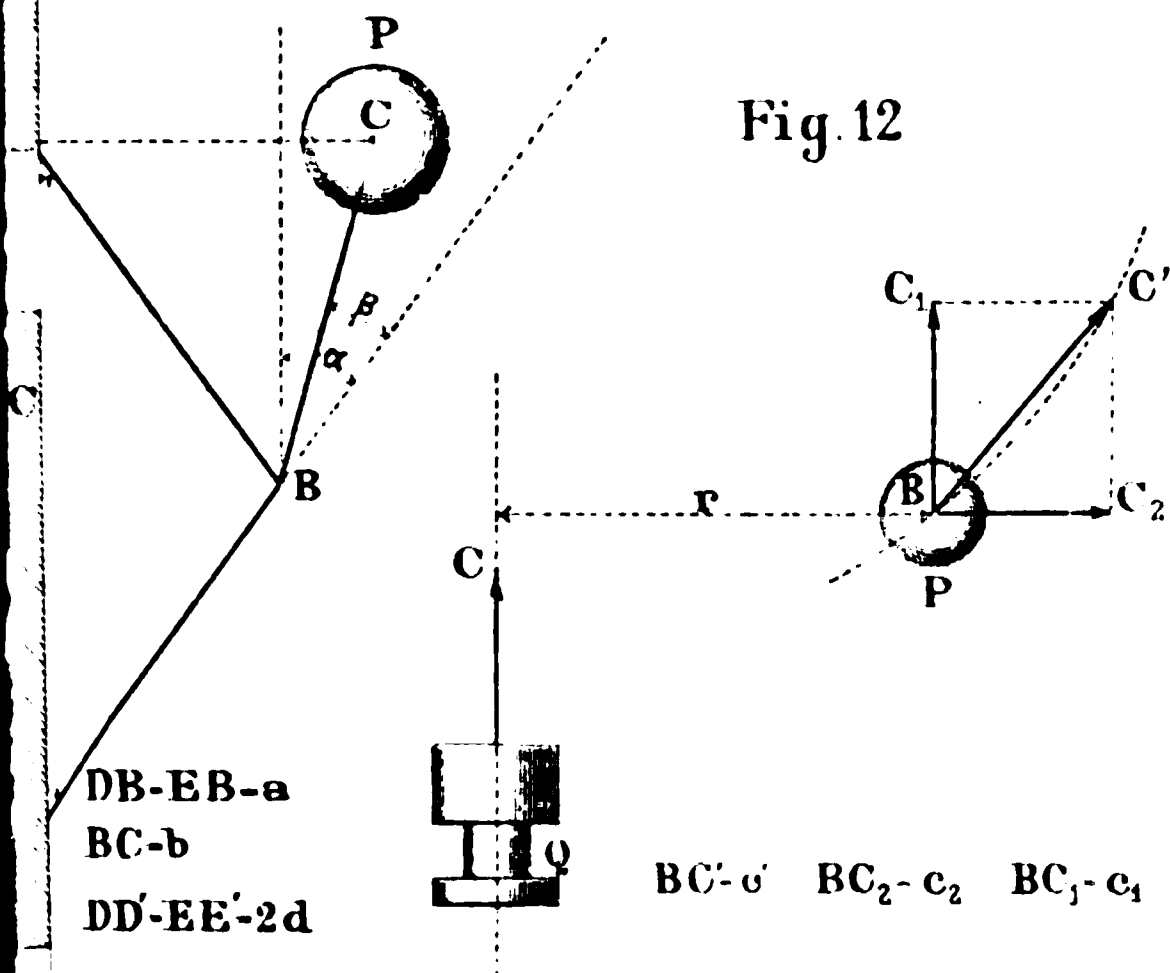


Fig. 11.

Fig. 12



Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

ÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

POMPES ET VENTILATEURS

Moteur accouplé directement à une pompe

. & O. G. PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

M . SIN D'EXPOSITION

. rue Lafayette, 47

135, rue Lamartine, PARIS.

A LOUER

COMPTOIR GÉOLOGIQUE ET MINÉRALOGIQUE

ALEXANDRE STUER

Fournisseur de l'État. — 40, rue des Mathurins. — PARIS

*Matières premières minérales, Minerais et Minéraux de tous pays pour les Arts,
les Sciences et l'Industrie.*

COLLECTIONS SOIGNÉES DE MINÉRAUX ET FOSSILES POUR L'ENSEIGNEMENT ET FOURNITURES
POUR UNIVERSITÉS ET MUSÉES.

Instruments spéciaux pour la récolte, la préparation,
le rangement et la conservation en collection des minéraux et des fossiles.

USINE DU COQ FRANÇAIS

Manufacture générale de caoutchouc souple et durci à ROUBAIX.

ÉMILE DEGRAVE

INGÉNIEUR BREVETÉ S. O. D. G.

TÉLÉGRAPHE :

Émile DEGRAVE, Roubaix.

Spécialité de Caoutchouc pour l'Industrie

NOUVEAUX SEGMENTS FLEXIBLES ANTIFRICTION (Brevetés)
pour Pistons, de Pompes et de Condensateurs combinés d'acier
(Composition antifricition). — **Demander Tarifs**

SOCIÉTÉ DES MOTEURS UNIVERSELS

EXPOSITION DE ROUEN 1896. — MÉDAILLE D'OR

Système Grob, breveté S. G. D. G.

15 — 56, rue Lafayette, 56 — PARIS

SÉCURITÉ



Les seuls fonctionnant sans reproche au
pétrole d'éclairage ordinaire
et sans carburateur.

PLUS DE 3,500 MOTEURS EN MARCHÉ

Consommation de pétrole, environ un demi-litre par cheval-heure

57 Médailles d'Or et d'Argent. — Toute garantie.

COMPAGNIE FRANÇAISE
POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

THOMSON-HOUSTON

CAPITAL: 5.000.000 DE FRANCS

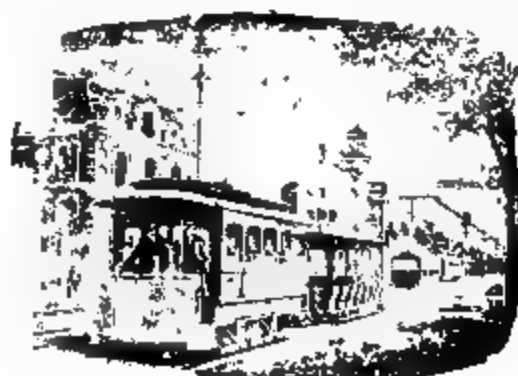
Transmission de l'Énergie à grande distance
PAR COURANTS TRIPHASÉS

TRANSFORMATEURS DE 1.000 A 65.000 WATTS

Convertisseurs de courant triphasé en courant continu

TRACTION ÉLECTRIQUE

EN EUROPE: Le Havre. — Lyon. — Rouen. — Bordeaux. — Roubaix
Tourcoing — Le Raincy. — Milan. — Varese. — Rome. — Porto
Selles — Barcelone — Dublin — Bristol. — Leeds. — Gotha — Brême. — Hambourg. — Erfurt
— Bonn. — Elbing. — Munich. — Elberfeld. — Wiesbaden



ÉCLAIRAGE A ARC

ET A INCANDESCENCE

INDUSTRIE MINIÈRE

PERFORATRICES À ROTATION et à PERCUSSION

HACHEUSES

Locomotives basses pour mines

Agence de Londres. PARIS

EXPLICATION DES PLANCHES.

NOVEMBRE.

Pl. X. — Régulateurs: théorie de la corrélation entre les organes de réglage et les volants des machines.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME X.

12^e LIVRAISON DE 1896.

PARIS

P. VICQ-DUNOD ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Grands-Augustins, 49

1896

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE POUR LA FABRICATION DE LA DYNAMITE *Procédés A. NOBEL*

Paris, 1889 — Deux Médailles d'Or

Seule Médaille d'Or décernée en 1889 pour la Dynamite

SIÈGE SOCIAL : Place Vendôme, PARIS

USINES { à Paulilles, près Port-Vendres (Pyrénées-Orientales).
à Ablon, près Honfleur (Calvados).

Dynamite-Gomme, pour roches très dures. — Dynamite, n° 1 guhr, n° 1 gélatinée, à l'ammoniaque, pour roches dures. — Dynamite, n° 0, pour travaux sous l'eau. Mèches, n° 2 et n° 3, pour terrains moins résistants.

Explosifs spéciaux pour charbonnages grisouteux (Décret du 1^{er} août 1890)

Grisoutine-Gomme pour travaux au rocher. — Grisoutine B pour travaux dans le bois.

Mèches de minurs. — Capsules pour Dynamite. — Amorce, Câbles, Fils et Appareils électriques pour sautage des mines. — Marmites suédoises ou Seaux à dégeler la Dynamite.

La Correspondance doit être adressée au SIÈGE SOCIAL

TÉLÉPHONE SOCIÉTÉ ANONYME TÉLÉPHONE

EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital : 2.000.000 de francs

19, rue Louis-le-Grand, 19, PARIS

USINES :

ST-MARTIN-DE-GRAU

FR

STANJA

DYNAMITES,

GOMMES ET GRISOUTINES

MÈCHES

▷ DÉTONATEURS, CABLES

FILS

ET APPAREILS ÉLECTRIQUES

orr

re adressée au Siège social, 19, rue Louis-le-Grand.

RÉFILERIE & CORDERIE MÉCANIQUES

DE LA

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS

LARIVIÈRE & C^{IE}

CH. FOUINAT

TELEPHONE

170, Quai Jemmapes, PARIS

TELEPHONE

CORDAGES MÉTALLIQUES RONDS & PLATS

EN FER, ACIER, CUIVRE

Sur Mines, Carrières, Houillères, Plans inclinés, Cabestans, Appareils à lever,
Manœuvres courantes et dormantes de marine et de batellerie,
Commission de force motrice, Signaux, Horlogerie, Paratonnerres, Puits, Clôtures

EXPOSITION UNIVERSELLE, PARIS 1889

Membre du Jury — Hors Concours

DEUX GRANDS PRIX : ANVERS 1894

VOI FRANCO DE TOUS RENSEIGNEMENTS

FRANÇAISE DES MÉTAUX

Société anonyme au capital de 25 millions de francs

Siège social : 10, rue Volney. — PARIS

USINES :

ville-lès-Rouen (Seine-Inf.), Castelsarrazin (Tarn-et-Garonne), Sérifontaine (Oise),
Givet (Ardennes), Bornel (Oise), Saint-Denis (Seine) et Paris, rue Vieille-du-Temple, 76

IDERIE, LAMINAGE, ÉTIRAGE, EMBOUTISSAGE & TRÉFILERIE

de Cuivre, Laiton, Plomb, Étain, Zinc, Nickel, Maillechort, etc.

TUBES EN CUIVRE ROUGE ET LAITON SOUDÉS ET ÉTIRÉS

TUBES GRAVÉS POUR HORLOGERIE, OPTIQUE, ORNEMENTS D'ÉGLISES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

de tous genres pour l'ébénisterie et l'ameublement. Appareils de stéarinerie et de sucrerie. Fils en
cuivre rouge, laiton et maillechort. Cuivre rouge et laiton en lingots et en barres

fabric en cuivre rouge, bronze, maillechort et nickel

CUIVRE ROUGE POUR FOYERS DE LOCOMOTIVES

Ob et grains de lumière pour canons. — Ceintures de projectiles

en cuivre rouge sans soudure. Rouleaux en cuivre pour impression

INGOTS ET EN FEUILLES POUR CHOCOLATIERS, PARFUMEURS ET AUTRES USAGES

s, en tables et en tuyaux. Tuyaux en plomb doublés d'étain

ES SANS SOUDURES, POUR CHAUDIÈRES ET CONDUITES A HAUTE PRESSION

ALITÉ DE TUBES MINCES, LÉGERS ET SOLIDES

on des CYCLES, BICYCLETTES, TRICYCLES, ETC., ETC.

ons (brevets SERVE). — Enveloppes d'obus en acier

ET FILS MAILLECHORT ET NICKEL POUR TOUS USAGES

de haute conductibilité pour usages électriques

PERFORATRICES



ÉCLIPSE-BURTON

POUR TROUS DE MINES

Les plus avantageuses, les mieux construites, les mieux étudiées et les plus solides de leur genre.

**POMPES DOUBLES
A VAPEUR-BURTON**

NOUVEAUX MODÈLES 1897

POUR TOUS USAGES

Demander le CATALOGUE GÉNÉRAL

BURTON FILS

Construction, à Nogent, près Creil (Oise)

PARIS : 68, rue des Marais, boulevard Magenta

Fabrique de Lampes de Sécurité en tous Genres

LANTERNES DIVERSES — DÉCOLLETAGE SUR TOUS MÉTAUX

Les plus Hautes Récompenses aux Expositions

COSSET-DOUBRILLE FILS

LILLE — INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR — LILLE

3, rue de Toul, 3

3, rue de Toul, 3

Coton-Mèche

Toiles métalliques

Rivets et fils de plomb

AMADOU

Emboutissage de tous Métaux

LAMPES DE FONDEURS

FONDERIE DE CUIVRE, TORNAGE & DÉCOUPAGE

Fournisseur des Grandes Administrations
ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DE L'ALBUM GÉNÉRAL

TONDEUSES A GAZON NOUVELLE FABRICATION

Verres divers

CAOUTCHOUC-AMIANTE

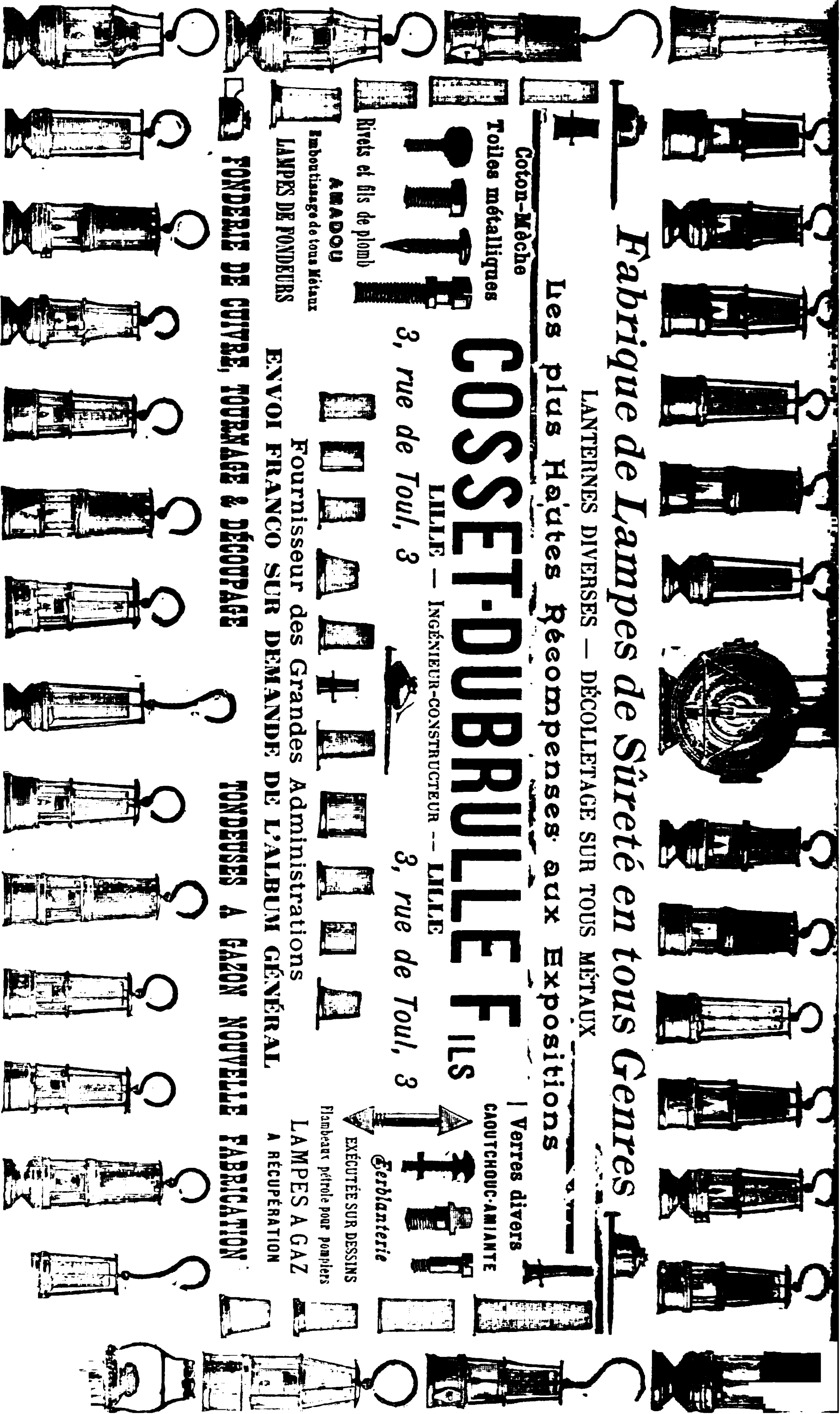
Éclairerie

EXÉCUTÉE SUR DESSINS

Flambeaux pétrole pour pompes

LAMPES A GAZ

A RÉCUPÉRATION



ÉLÉVATEURS & TRANSPORTEURS

avec Chaines simples



POSEE

ASH

INGÉNIEUR

— 43, rue

DAVIDSEN, INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

PARIS, 144, Boulevard de la Villette, 144, PARIS

MOYEURS SPÉCIAUX

POUR LE BRÈS, QUARTZ ET MATIÈRES DURES

Obtiennent une GRANDE FINESSE et un GRAND RENDEMENT

Librairie P. VICQ-DUNOD et C^{ie}, Éditeurs
49, QUAI DES GRANDS-AUGASTINS, PARIS

VIENT DE PARAÎTRE :

LE CARBURE DE CALCIUM ET L'ACÉTYLÈNE

LES FOURS ÉLECTRIQUES

P.A.R.

C. DE PERRODIL

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Préface de Henri MOISSAN, membre de l'Institut

Un volume grand in-16, avec 77 figures..... 7 francs.

MINES ET TRAVAUX PUBLICS

MARCEL GAUPILLAT ET C^{IE}

(Maison fondée en 1891)

SIÈGE SOCIAL : 39, Rue BOURET, à PARIS

**FOURNISSEURS DU MINISTÈRE DE LA GUERRE,
DE LA VILLE DE PARIS, DE DIVERS GOUVERNEMENTS ÉTRANGERS
ET DES PRINCIPALES MINES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES**

DATEURS AU FULMINATE DE MERCURE DÉTONATEURS A POUDRE SPÉCIALE

ALCANTARA Brevetées S. G. D. G. en France et à l'Étranger

XPLOSEUR ÉLECTRIQUE

By: ALLAT-MANET, breveté S. G. D. G. (Aout 1896)

SOCIÉTÉ ANONYME
HUMBOLDT

BUREAUX : 19, Boulevard Haussmann, PARIS

MATÉRIEL DE MINES

MACHINES D'EXTRACTION

MACHINES D'ÉPUISEMENT

COMPRESSEURS D'AIR ET VENTILATEURS

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET CH

MACHINE A BRIQUETTES

Simple, Robuste et peu co

PRODUISANT A VOLONTÉ DES

BRIQUETTES PLEINES OU PER

Pression élastique. — Cohesion

Agglomération de minerais de fer ou de
 résidus de pyrites ou autres matières à
 verser pour en faciliter le traitement
 hauts-fourneaux, etc., etc.

MACHINE A BOULES

PLEINS OU PERFORÉS

250 000 BOUTS DE HOUE,

PLEINS OU PERFORÉS PAR

L'Agglomération sous un petit volume avec un trou central facilite la combustion des charbons
 la calcination des minerais.

*Installation d'Usines à Briquettes produisant de 8 à 260 tonnes en 11 heu
 à des prix bien inférieurs à ceux des autres systèmes.*

MACHINE A CHARBON DE PARIS et à briquettes pour chemins de fer et chaufferies
 BROyeurs-PULVERISATEURS, broyage par percussion, Engrais, Charbons, Minerais,
 BROyeurs A MEULES broyage et malaxage de matières quelconques
 CRIBLES ROTATIFS ou A SIX COUSSES, classement des matières sèches.
 LAVOIRS A BRAS OU A VAPEUR, classement par densité. Lavage des bouilles.
 MACHINES A BRIQUES à levier, pour terre ferme et demi-ferme, 6 à 7 000 par jour.
 MACHINE A AGGLOMERER à pression simultanée sur deux faces, pour ciment, sucre, etc.
 FOURS SECHEURS, NORIAS, TRANSPORTEURS, CONCASSEURS,
 MALAXEURS, ETC., ETC.

Th. DUPUY et FILS

5 MÉDAILLES D'OR

CONSTRUCTEURS — PARIS 4 MÉDAILLES

REVETS D'IN

C. BLETRY Aîné, Ingénieur-C
 Successeur de BLETRY Frères, maison f

DISCOURS
PRONONCÉ A L'OCCASION DE LA MORT
DE M. AMÉ-HENRY RESAL

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Par M. MAURICE LÉVY, membre de l'Académie,
Inspecteur général des ponts et chaussées.

(Lu dans la séance de l'Académie des sciences du 7 septembre 1896.)

Messieurs,

Tous ceux qui s'intéressent à la mécanique en ce qu'elle a d'utile, comme en ce qu'elle a d'élevé, prendront part au deuil dont se trouve frappée l'Académie par la mort d'Henry Resal. Avec lui, en effet, s'en va le véritable continuateur de Poncelet, celui de ses disciples qui a le mieux su mettre en valeur les méthodes et les procédés du maître.

Mais Resal était lui-même un maître, et le rôle de disciple, bien qu'il ne répugnât en rien à sa modestie, n'eût suffi ni à son extraordinaire activité, ni à ses multiples et brillantes facultés. La mécanique appliquée, telle que l'entendait Poncelet, était son domaine de prédilection; mais la mécanique céleste, la physique mathématique, la cinématique pure, la géométrie lui étaient également familières, et, dans toutes ces branches de la science, il

laisse les marques d'un esprit particulièrement inventif et primesautier.

L'homme n'était pas inférieur au savant. C'était un cœur d'or et un caractère d'une inflexible droiture.

Il n'avait rien d'un apôtre. La vertu lui était trop naturelle pour qu'en la pratiquant il se crût autorisé à la prêcher. Plus volontiers, il en eût ri, comme il était disposé à rire de tout. Mais, tout en se riant, il n'a jamais manqué au plus petit de ses devoirs. Il savait les remplir tous gaiement, simplement et surtout sans phrases.

Nous savons tous combien grande était son assiduité à nos séances, et nous, ses confrères de la Section de mécanique, savons avec quel soin méthodique et scrupuleux il s'acquittait de ses devoirs de doyen, sachant très habilement, quand il le fallait, user de sa belle humeur bourguignonne pour faire accepter une grande fermeté. Mais où il a porté le plus haut le sentiment inné du devoir qui le guidait en toutes choses, c'est dans son enseignement. J'en parle savamment, ayant eu, dans ma jeunesse, l'honneur d'être, pendant plusieurs années, son répétiteur à l'École Polytechnique. Je tiens son cours pour l'un des plus fructueux qui aient jamais été professés. C'est peut-être de tous, sans même excepter celui si marquant de son éminent devancier Bour, celui qui remplit le mieux la double visée qu'on poursuit à l'École Polytechnique : visée scientifique dans le présent, visée pratique pour l'avenir. Ses exemples sont toujours choisis aux confins de la science la plus solide et de la pratique la plus moderne. Il les renouvelait sans cesse. Ses successeurs y puiseront longtemps et à pleines mains.

Les théories générales y sont condensées de main de maître, quelques-unes avec autant d'originalité que de simplicité. Je citerai notamment la dynamique des corps solides, l'hydraulique, la thermodynamique et la théorie de la transmission du travail dans les machines.

C'est un honneur pour une école d'avoir inspiré un tel enseignement, et celui qui l'a conçu méritait grandement la reconnaissance de cette école.

Ce n'est pas la forme didactique qu'il faut chercher chez Resal; elle lui était fort indifférente. Nourri de la moelle de la science, il aimait, par-dessus tout, à la servir en substance concentrée. Cette façon d'enseigner exige, de la part des auditeurs, un travail personnel, ce qui est un bien. Tous ceux qui ont voulu se livrer à ce travail se sont trouvés, par le cours de Resal, préparés à toutes les applications, si variées puissent-elles être ou devenir, de la mécanique à l'art de l'ingénieur.

Du reste, ingénieur dans l'âme, il aimait travailler pour ses collègues. « Fils d'architecte, disait-il volontiers, j'ai tenu la truelle avant de savoir tenir une plume. » Et, de fait, c'est en s'amusant à voir manier la truelle sous la direction de son père, architecte à Plombières, que, sans effort et avec un minimum de préparation au collège d'Épinal, puis à Sainte-Barbe, il est arrivé dans les premiers à l'École Polytechnique à l'âge de dix-huit ans. Pour la partie mathématique, il eût été largement prêt dès l'âge de seize ans.

C'était en 1847. Les grandes découvertes d'Ampère en électrodynamique venaient de faire leur entrée dans l'enseignement classique. Resal se prit d'enthousiasme pour elles et en fit l'objet de son premier mémoire, rédigé pendant son séjour même à l'École Polytechnique. Bravais a fait à son jeune élève le grand honneur d'en introduire une partie dans ses leçons.

Également pendant qu'il était encore élève, il fit, sur la théorie du frottement dans les engrenages coniques et la vis sans fin, une étude qui fut publiée au *Journal de l'École Polytechnique* en 1850.

Son ardeur pour la science, comme celle de ses camarades, fut un instant suspendue par la révolution de 1848.

Aux journées de juin, il servit en qualité d'aide de camp du général Mellinet.

Sorti second de l'École, il choisit la carrière des Mines. Les sciences appliquées enseignées à l'École des Mines le trouvèrent aussi assidu que les sciences mathématiques, sans d'ailleurs le détourner de ces dernières. En 1853, il fut nommé Ingénieur des Mines à Besançon, où il s'occupa de la carte géologique des régions montagneuses de la contrée. L'année suivante, il prit le grade de docteur ès sciences mathématiques.

Sa thèse est la première application faite au globe terrestre du problème de l'équilibre élastique d'une enveloppe sphérique, si magistralement résolu par Lamé. Soutenue devant Cauchy et Lamé lui-même, elle lui valut la protection de ces deux illustres savants, de même que la précocité de ses travaux d'élève lui avait valu, de la part de Poncelet, une amitié qui n'a cessé qu'avec la vie.

En 1855, Resal fut nommé professeur à la Faculté de Besançon. De cet enseignement est sortie non seulement sa *Cinématique pure*, où, entre autres innovations, on trouve la notion et la théorie de la suraccélération, mais aussi divers travaux théoriques et expérimentaux sur l'horlogerie, travaux qui, avec ceux de Phillips, ont contribué aux progrès de l'horlogerie de précision.

C'est à la même époque, en 1865, qu'il publia son *Traité de Mécanique céleste*, destiné surtout à rendre plus accessible l'œuvre de Laplace.

La mort de Delaunay, survenue d'une façon si inopinée en 1872, rendait vacante la chaire de mécanique rationnelle de l'École Polytechnique. Resal se trouvait naturellement désigné pour la remplir. J'ai dit plus haut que la succession, pour lourde qu'elle fût, n'a pas été, il s'en faut, au-dessus de ses forces.

Cette même année, il commençait la publication de son *Traité de Mécanique générale* en sept volumes, véritable

monument élevé à la mécanique rationnelle et à ses applications dans toutes les directions.

C'est là qu'on trouve résumés les mémoires les plus importants de Resal. Peu d'ouvrages sont plus nourris. L'auteur n'y prend pas toujours la peine de coordonner ses idées; il les sème un peu; mais il y en a beaucoup.

Quelque problème que l'on ait à résoudre, on peut le consulter avec fruit. Tout y est condensé. Parfois, on trouve, en quelques pages, des traits de lumière. Je citerai une Note sur le mouvement des projectiles à l'intérieur d'une arme à feu, où sont, pour la première fois, appliqués avec succès, les principes de la thermodynamique à ce phénomène complexe de la pression développée, par la combustion, dans l'âme d'une arme. On peut dire que là se trouve l'origine de la balistique intérieure contemporaine. Notre confrère Sarrau m'a dit souvent qu'il y a puisé ses premières inspirations sur ce sujet. Au surplus, à la suite de ce travail et de plusieurs autres théoriques ou expérimentaux sur le mouvement des projectiles, le ministère de la Guerre a créé, pour Resal, un poste spécial : celui d'adjoint au Comité d'artillerie pour les études scientifiques.

Son exposition concise, mais remarquablement nette de la théorie des volants et des régulateurs est certainement aussi le point de départ des travaux les plus remarquables faits, depuis, sur ce sujet délicat.

Une autre Note, insérée aux *Comptes rendus*, traite d'une façon non moins heureuse un autre sujet nouveau : celui de la propagation d'une onde liquide dans un tube élastique, question qui trouve son application dans les phénomènes de la circulation du sang et dans les expériences de notre confrère Marey.

Outre ces travaux d'inspiration primesautière et de plein succès, ce vaste ouvrage contient une foule d'applications utiles ou d'exercices intéressants.

En 1873, l'Académie des Sciences ouvrit ses portes à Resal, en lui donnant la succession du baron Dupin. Cette haute distinction n'a fait que surexciter son ardeur au travail. Ses communications à l'Académie ou aux *Annales des Mines* montrent que son activité ne s'est jamais ralentie. Resal avait deux qualités rarement unies : il travaillait avec une merveilleuse facilité et il travaillait toujours. Le travail était sa seule distraction quand il était bien portant, son seul remède, remède dangereux, quand sa robuste santé a commencé à le trahir.

En 1888, il a publié un *Traité de physique mathématique* qui a pour objet de résumer cette vaste science, comme il avait précédemment résumé la mécanique céleste.

Il travaillait à la seconde édition de la *Mécanique générale*, dont les deux premiers volumes ont paru, quand la mort est venue le surprendre.

Depuis plusieurs années, sa santé déclinait visiblement. La maladie qui a fini par l'emporter avait légèrement courbé ce corps autrefois droit et élancé comme les grands chênes des forêts des Vosges, au milieu desquelles s'est passée son enfance ; elle avait pâli et quelque peu attristé ce fin visage qu'on était habitué à voir toujours animé et souriant. Mais rien ne faisait présager une fin prochaine, lorsque, comme tous les ans, il est parti pour aller passer ses vacances en Suisse et en Savoie. Le 29 juin, il m'adressait encore de Saint-Gervais une lettre dans laquelle il me communiquait diverses observations sur un mémoire que l'Académie pourrait être appelée à juger. Cette lettre me montrait qu'il avait toujours l'esprit en éveil et le souci des jugements à rendre par l'Académie.

Vers le milieu du mois d'août, il fut pris d'une violente crise d'atonie intestinale ; sa famille accourut près de lui. Les soins qui lui furent prodigués l'avaient remis assez bien pour qu'il manifestât le désir d'aller visiter l'Exposition de

Genève. Mais en route, à Annemasse, il fut repris avec une violence telle qu'une opération chirurgicale fut jugée nécessaire. Il succomba peu de jours après, le 22 août. Il a été inhumé, le 25 août, à Étang-sur-Arroux (Saône-et-Loire), lieu de sépulture de famille.

C'est dans ce coin de la Bourgogne qu'il comptait se retirer dans deux ans, lorsqu'il aurait eu droit à sa retraite comme Inspecteur général des Mines. Au lieu du repos bien mérité et qui n'eût pas été l'oisiveté, qu'il y espérait, c'est le repos suprême qu'il y dort à présent. Mais il laisse après lui une œuvre que je n'ai pu qu'esquisser ici à grands traits et qui assure la survivance de son nom.

Il laisse à ses deux fils le plus précieux de tous les héritages : l'exemple d'une vie consacrée tout entière aux progrès de la science et à ses applications en ce qu'elles ont de plus noble et de plus désintéressé. Cet exemple n'a pas été perdu pour eux, et Resal a eu la joie bien rare de les voir tous deux sortir brillamment de l'École Polytechnique, dans la carrière des Ponts et Chaussées, qu'ils parcourent de façon à ajouter encore à la réputation du nom qu'ils portent.

Ces deux fils sont la couronne et la parure d'une mère qui, grâce à des dons exceptionnels, a pu les suivre, non seulement dans leur éducation classique, mais même fort loin dans leur instruction scientifique. Ils seront aussi sa consolation dans la cruelle épreuve qu'elle subit et dans laquelle l'accompagnent les respectueuses sympathies de l'Académie, du monde savant et des ingénieurs.

BULLETIN

DES ACCIDENTS D'APPAREILS A VAPEUR

SURVENUS PENDANT L'ANNÉE 1893.

(Résumé résultant de l'étude des dossiers administratifs.)

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
2 janvier.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière à petits éléments, système Belleville, de 80 mètres carrés de surface de chauffe, timbrée à 15 kg.; tubes de 10 centimètres de diamètre. L'arrivée de l'eau dans le collecteur rectangulaire inférieur se faisait par la gauche. La fermeture de la porte de hotte à tubes était assurée par une barre transversale; le fourneau portait des trappes d'expansion, et la prise de vapeur, un clapet automatique. Le nettoyage avait lieu à l'aide d'une échelle en bois.	Surchauffe intense limitée à un tube de la cinquième rangée de l'élément situé le plus à droite, et ouverture en plein métal suivant le facès ordinaire (Pl. XI, fig. 1), en dehors de la soudure, dans une partie pallieuse. Les portes de devanture restaient closes, les trappes d'expansion fonctionnaient et ce fut par elles que le vapeur s'échappa. Les fourneaux et le clapet d'arrêt de la prise de vapeur se trouvant en état de fonctionner.	Néant.	Surchauffe locale, devant vraisemblablement être rapportée à un mauvais état de nettoyage du tube, qui eût dû être à un excès du taux de vaporisation de la chaudière par rapport aux conditions de circulation de l'eau dans son élément de chauffe.

16 janv.	Papeterie, à Cugand (Vendée).	<p>rantie et laissait la résistance de l'assemblage à la merci d'une mal-façon. Le travail avait été suivi d'épreuve.</p> <p>Tambour sécheur en fonte, de 2^m,5 de diamètre et 2^m,2 de longueur, com-prenant un cylindre de 24 millimètres d'épaisseur, et deux fonds emboltés sans jeu dans les extrémités du cy-lindre et assemblés au moyen de boulons sur deux brides circulaires, venues de fonte intérieurement à celui-ci. Les fonds étaient reliés l'un à l'autre par six tirants en fer. La vapeur arrivait dans l'appareil par une tuyauterie portant une soupape réglée pour 2^k,4; l'eau de conden-sation était relevée lors de la rota-tion du tambour par une écope inté-rieure et versée à un purgeur automatique. Sur la surface du cylindre, passaient des feuilles de papier humide qui s'étendaient jus-qu'au voisinage de ses extrémités.</p>	Rupture circulaire du cylindre, près de la bride portant l'un des fonds (la figure 3, Pl. XI, donne une vue perspective d'une partie de la section de rupture), c'est-à-dire suivant une ligne que la forme de la pièce avait exposée aux inconvénients du retrait de la fonte lors de la coulée, et qui se trouvait sujette à des inégalités de dilatation et à des efforts de flexion lors des échauffements et re-froidissements des diverses parties de l'appareil. C'est ainsi déjà que s'était brisé, le 28 septembre 1893, à Bousbecque (Nord), un tambour de même constitution et de même origine. Une troisième explosion, offrant les mêmes caractères, est encore survenue depuis lors à Conty (Somme), le 7 avril 1896.	Deux ouvriers tués.	L'accident doit être rapporté avant tout à la constitution générale de l'appareil.
21 janv.	Usine de blanchi- ment et apprêts, à Courbevoie (Seine).	<p>Tambour sécheur de 15 centimètres de diamètre et 1 mètre de longueur, formé d'une virole de cuivre assem-blée à ses extrémités avec deux pla-teaux en fonte. Ces plateaux étaient sans nervures et de forme plane, à cela près qu'ils présentaient dans la partie centrale un léger bombement vers l'extérieur et une augmentation de l'épaisseur qui, de 9^m,5, passait par un ressaut à 12 millimètres. (Pl. XI, fig. 4). Age ancien et in-connu. Timbre, 3 kg.</p>	Rupture d'un des plateaux terminaux suivant le pourtour circulaire de la surépaisseur centrale, et suivant des lignes radiales (Pl. XI, fig. 5). La rupture circulaire montrait, sur une partie de sa longueur, la teinte d'une cassure préexistante, et la face extérieure du fond portait le long de cette ligne de cassure une bande oxydée indiquant une fuite ancienne.	Néant.	Cassure préexistante, qui af-fectait un fond de forme défectueuse et d'âge ancien, et qui était accusée sur la face externe de ce fond par une trace d'oxyde.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'appareil ou l'établissement était placé	NATURE forme et destination. — Détails de	CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
26 janv.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière à petits éléments, système Belleville, appartenant à la même batterie et comportant la même description que celle dont un tube bouilleur s'était ouvert le 2 janvier. Les tubes étaient propres	Néant.	Surchauffe dont la cause, attribuable soit à une insuffisance d'alimentation, soit à un excès de chauffage, n'a pu être déterminée avec certitude.
8 février.	Tréfilerie, à Joinville-le-Pont (Seine).	Chaudière horizontale à deux corps cylindriques superposés, le corps inférieur contenant un foyer intérieur et un retour de flamme tubulaire amovible (Pl. XI, fig. 7). Les gaz chauds, après avoir parcouru les tubes de ce retour, chauffaient extérieurement les corps cylindriques sur face de chauffe, 1,28 mètres en largeur, 7 m. construction en 1884. Le corps inférieur, de 1 m. 7 de diamètre, était terminé à l'arrière par un fond en tôle de 12 millimètres épaisseur soudé au corps d'une manière sphérique dont la forme était représentée sur la Pl. XI, fig. 8. Les gaz chauds, après avoir parcouru les tubes de ce retour, chauffaient extérieurement les corps cylindriques sur face de chauffe, 1,28 mètres en largeur, 7 m. construction en 1884. Le corps inférieur, de 1 m. 7 de diamètre, était terminé à l'arrière par un fond en tôle de 12 millimètres épaisseur soudé au corps d'une manière sphérique dont la forme était représentée sur la Pl. XI, fig. 8.	Quatre morts, trois personnes grièvement blessées, et dégâts matériels considérables. Il aurait pu y avoir beaucoup plus de victimes, si l'accident n'était survenu à l'heure du déjeuner des ou- vriers.	Corrosions tant intérieures qu'extérieures, qui avaient affaibli le pourtour du fond embouti du corps cylindrique principal. Les corrosions intérieures étaient développées au voisinage du débouché de l'un d'alimentation, à la faveur des mouvements et chocs de la tige d'écoulement par l'insuffisance de son bouchon, les autres étant attribuées à la corrosion des tubes de la batterie.

14 février	Usine d'impression sur étoffes, teinture et gaufrage, à Caluire et-Cuire (Rhône)	<p>Tambour de 1^m 09 de diamètre, 1 mètre de longueur environ (capacité 1^m 3, 026), en tôle de fer de 5 millimètres, fermé à ses extrémités par deux fonds ne présentant qu'une fêche de 35 millimètres et réunis à la partie cylindrique au moyen de cornières d'épaisseur irrégulières (Pl. XI, fig. 9). Ce tambour, d'âge ancien et inconnu, ne recevait autrefois que de la vapeur détendue, provenant d'une machine à imprimer. On l'avait installé, la veille de l'accident, sans l'éprouver ni le déclarer, comme premier cylindre d'une machine à sécher. La vapeur arrivait, par une conduite qui était, à la vérité, de grande longueur, d'une chaudière timbrée à 7 kg ; au sortir de la machine, elle était dirigée dans des tuyaux de chauffage de 45 mètres de développement, terminés par un dégagement vertical débouchant au-dessus d'un toit.</p>	<p>Lors d'une reprise du travail de l'usine, et aussitôt après l'ouverture de la valve d'admission de vapeur sur la machine à sécher, détachement d'un des fonds, par rupture en partie dans l'angle des ailes de la cornière, en partie dans la tôle du fond au vant sa rivure avec la cornière (Pl. XI, fig. 10)</p>	<p>Pas d'accident notable de personnes : deux ouvriers ont reçu des contusions insignifiantes</p>	<p>Ce récipient d'âge ancien, dont les fonds étaient fortement bombés étaient assemblés à la partie cylindrique par cornières, et par des cornières en partie fongées par la corrosion, étalées hors d'état de supporter les pressions dont il était exempt dans sa destination primitive, et auxquelles les conditions de sa nouvelle installation l'exposaient.</p>	<p>Intérieur des cylindres soigneusement passés et essuyés de nature à faire espérer de la durée de l'appareil.</p>
6 mars	Fabrique de cellulose, à Novillars (Doubs)	<p>Tambours sécheurs en fonte, de 1^m 5 de diamètre et un peu plus de longueur, 2-3,370 de capacité, timbrés à 3 kg. Les fonds étaient assemblés sur des brides circulaires intérieures, venues de fonte aux extrémités de chaque cylindre (Pl. XI, fig. 11). Ces récipients, au nombre de 12, avaient été fondus en 1888 la vapeur, fournie par des générateurs Belleville</p>	<p>Explosion de trois des tambours, survenue alors que le travail de l'atelier était interrompu depuis une heure et demie. La vanne d'arrêt devait être dans la position de fermeture, mais laissant passer la vapeur par suite de son état. Il a été constaté que l'un des cylindres rompus avait des retures de fonte à la base de sa bride circulaire ; en plus, les ponts, l'épaisseur du métal, qui devait être de 30 millimètres, se trouvaient, par suite des vides, réduite à 4 ou 5 millimètres (Pl. XI, fig. 12).</p>	<p>Un homme tué, cinq blessés plus ou moins grièvement.</p>	<p>L'explosion a eu pour cause essentielle un défaut de fabrication de l'un des cylindres, affaibli par des retures de la fonte à l'embase de sa bride circulaire intérieure. Il a pu se joindre à la cause ci-dessus, comme cause accessoire, un certain excès de pression, produit par le mauvais état des vannes et favorisé par un léger excès de charge de la soupape de sûreté.</p>	

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé
--------------------------	---

<p>gueur, à son extrémité arrière (côté de l'entrée des gaz chauds). La chambre de chauffe était une fosse profonde, formant, avec la cave à charbon contiguë, un ensemble de locaux peu aérés, n'ayant pour issue qu'une échelle de menuisier.</p>	<p>et le flux brûlant qui se répandit dans la chaudière ne permit qu'au bout d'une demi-heure de secourir le chauffeur, qu'on trouva tombé contre un tas de charbon</p>
<p>chaudière horizontale à deux bouilleurs, offrant 24 mètres carrés de surface de chauffe, cubant 12 mètres cubes et imbrée à 5 kg. — L'alimentation débouchant dans la bouillière de droite. Le seul appareil indicateur du niveau de l'eau était un tube de verre 1/2 m. flottage, qui avait constaté le second appareil réglementaire, avait été récemment entêté.</p>	<p>Couverture de la tête de coq de feu du bouilleur de gauche, sur 85 centimètres de longueur. Cette tête offrait la coloration bleue de l'oxyde des ballistures; il n'y a pas eu d'eau répandue. Le tube de verre était bouché à sa base par une obturation de 6 millimètres de hauteur, laissant libre au dessus d'elle la communication entre le robinet de prise d'eau et le robinet purgeur.</p>

travail, Dégâts matériels par suite de la projection de la sablière, de la colonnette de prise de vapeur, etc.

Corrosions profondes, extérieures et surtout intérieures, qui avaient affaibli à l'excès le corps inférieur ou réchauffeur de ce générateur d'âge très ancien.

Néant.

it, le long de l'axe de la tôle du berceau de fermet (Pl. XI, constaté que, au- nage intérieur du support de fermet contre la tôle du berceau, une fissure fine et profonde s'était développée dans cette dernière. Une fissure de même nature, mais moins avancée dans son développement, existait le long du ma- tagre symétrique, au côté gauche de la chaudière. Les vingt chaudières de la série avaient toutes, à des degrés divers, des fissurations de même espèce; sur toutes, les tôles des berceaux ont été échangées à la suite de cet accident.

Déchirure du réchauffeur, suivant des lignes où les corrosions étaient telles qu'on y a relevé, en deux points, l'épaisseur de 8 dixièmes de milli- mètre (Pl. XI, fig. 14).

tant à autres l'oppe tôle et geant reure semblée par des rivures circulaires simples, à l'avant à ce corps cylindrique, à l'arrière au bord embouti de la plaque d'arrière de l'enveloppe du foyer; à droite et à gauche, les bords rectilignes de cette tôle étaient assemblés, par des rivures longitu- dinales doubles, à des pièces en fer servant de supports aux fermet du foyer. Cette tôle mesurait 1 m. 10 de largeur, 1 m. 28 de hauteur, le sens par- tiel d'épais- seur. Aux essais de traction qui ont suivi l'accident, elle n'a donné, en moyenne, que 3,3 t. de résistance à la rupture en long et 2,4 t. en travers avec allongements moyens respectifs de 7,4 et 5,5 p. 100; propriétés bien différentes de celles auxquelles on devait s'attendre d'après le cahier des Charges et les essais de recette.

Chaudière horizontale à deux corps à flammes renversées; capacité, 10 mètres cubes. Imbre, 5 kg. Le corps inférieur ou réchauffeur mesu- rait 82 centimètres de diamètre et 7 mètres de long. Cet appareil, vieux de plus de 30 ans, et alimenté par des eaux qui contenaient par litre 0 gr. 684 de chlorure de calcium et 1 gr. 805 de chlorure de magnésium, était profondément corrodé à l'inté- rieur et à l'extérieur et avait pré- senté à plusieurs reprises des fuites qu'on s'était contenté d'aveugler par la pose de contrepièces.

istillerie, Marcellan (réault)

ne de fer (Midi.)

5 juin.	Mine de houille, à la Vernarède (Gard).	<p>supérieur de la cuve en fer, laissaient entre eux un double fond de 628 litres, contenant de l'eau, et chauffé extérieurement sur 4=2,65. Le double fond, timbré à 1 kg., portait deux soupapes à ressort à charge directe, entièrement paralysées par le visage à fond de leurs chapeaux. Les dispositions du fourneau ne com- portaient aucun moyen de régler le tirage. La cornière d'assemblage présentait des corrosions.</p> <p>Chaudière cylindrique horizontale à fonds hémisphériques, de 1=,3 de diamètre et 15=,9 de longueur totale; surface de chauffe, 32 mètres carrés; volume, 24 mètres cubes; timbre, 5 kg. Cet appareil et deux autres semblables, d'âge inconnu et certai- nement très ancien, étaient installés souterrainement. pour le service d'un puits entièrement intérieur aux tra- vaux du fond (Pl. XII, fig. 1 et 2). Leur massif commun s'étendait sur toute la largeur et jusqu'au fond du local voûté qui les contenait; deux des trois chaudières étaient constam- ment en service, pendant qu'on pro- cédait au nettoyage et éventuellement aux réparations de la troisième. Ces générateurs étaient alimentés avec des eaux de mine, contenant des sulfates de soude, de magnésie, etc.</p>	<p>La chaudière s'est violemment divisée en trois parties principales qui ont été diversement projetées. Les rup- tures initiales et caractéristiques affectaient l'une des tôles de la deuxième virole à partir de l'avant (Pl. XII, fig. 3, 4 et 5). Cette tôle s'est fragmentée et déchirée notam- ment suivant deux génératrices voi- sines de ses rivures d'attache avec les tôles adjacentes. On n'en a re- trouvé qu'un lambeau, à contour très tourmenté, représentant la moitié de sa surface. C'était une tôle qui avait été mise en place lors d'une répara- tion: elle n'avait eu que 8 millimètres d'épaisseur originelle, tandis que les tôles de la construction primitive mesuraient 11 millimètres, et elle était profondément amincie par cor- rosion intérieure: on a constaté sur la partie restante, le long d'une des lignes de déchirure longitudinale, des épaisseurs de 1,5 à 2 millimètres sur 30 centimètres de longueur.</p>	<p>Les hommes qui se trouvaient aux chaudières, à la machine, aux mo- lettes et à la re- cette du puits ont tous été soit tués sur le coup, soit brûlés mortelle- ment: au total, neuf personnes ont péri.</p>	<p>Corrosion intérieure profonde, affectant l'une des tôles de réparation d'un générateur d'âge très ancien, dont l'inspection intérieure était rendue pénible par la tem- pérature élevée du massif, dont les réparations avaient été faites en tôle d'épais- seur inférieure à celle de la construction primitive et dont les conditions d'em- placement ont rendu la rup- ture particulièrement désas- treuse.</p>
---------	--	---	--	--	---

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE — forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
20 juin.	Bateau de pêche du port d'Étaples (Pas-de-Calais).	Chaudière alimentant un cubestan pour la manœuvre des engins de pêche. Cet appareil, du type vertical, à foyer intérieur, avec bouilleur horizontal traversant le foyer, avait été construit et timbré à 6 kg., en 1889, puis acheté d'occasion en 1894 par l'armateur du bateau et installé à bord sans nouvelle éprouve. Sa cheminée intérieure, de 20 centimètres de diamètre et 56 centimètres de hauteur, était corrodée au-dessus du niveau de l'eau; la partie altérée n'avait plus que de 1,8 à 3 millimètres d'épaisseur.	Déchirure qui a troué la cheminée intérieure, sur 15 centimètres de hauteur et 18 centimètres de largeur, à 6 centimètres au-dessus du niveau normal de l'eau. La chaudière a été soulevée et renversée, pendant que la partie supérieure de la cheminée était projetée en l'air hors de la chambre de machine. Il paraît que, lors de l'explosion, la porte du foyer était ouverte et le chauffeur assis devant: les dimensions exigues du local ne permettaient pas de s'y tenir debout.	Le chauffeur a été brûlé mortellement: un mousse et le patron du bateau ont été brûlés aussi, l'un grièvement, l'autre sans gravité.	Mauvais état de la cheminée intérieure de la chaudière, profondément corrodée par l'action des températures élevées auxquelles elle était exposée. Les dispositions de l'appareil prétaient à une corrosion de ce genre, qu'un examen convenable, effectué conformément à l'article 48 du décret du 1er février 1893, aurait permis d'apercevoir en temps utile.
3 juillet.	Moulin, à Saint-Denis-la-Chevassé (Vendée).	Chaudière à foyer intérieur, tubulaire à flamme directe, composée d'un corps vertical contenant le foyer et d'un corps horizontal contenant les tubes. Le foyer mesurait 65 centimètres de diamètre et 70 centimètres de hauteur; les épaisseurs primitives de ses parois étaient 12 millimètres pour la plaque tubulaire et 10 millimètres pour le reste. Surface de chauffe, 6 m. 2/4; capacité, 75 1/2 litres. Le foyer était en tôle par l'usage et les contre-plaques en fonte; la partie supérieure du foyer, qui était en tôle, avait été percée par un trou de 15 centimètres de diamètre.	Le foyer s'est déchiré, l'appareil a été tout entier projeté en l'air, et, crevant la voûte du local où il se trouvait, est allé tomber dans un étang à 15 mètres de distance. La déchirure partait de la rivure gauche du fusilard, passant par les trous des prisonniers de la contre-plaque et venant poser, puis allait se continuer dans la plaque tubulaire, la paroi ainsi déchirée étant violemment renfoncée vers l'intérieur du foyer, laissant à l'extérieur un trou de 15 centimètres de diamètre.	L'enfant auquel avait été confiée la conduite de la chaudière a été mortellement brûlé.	Vente déchirure de la partie gauche du foyer, qui était affaiblie par l'usage, et où une fuite avait été reconnue masquée au moyen de la pose d'une contre-plaque, par les soins d'un serrurier, d'une façon soignée et avec capitale d'écrou et anneau de serrage. La déchirure s'était produite comme résultat du trou de la tubulure.

corrosion du foyer.

l'une d'elles), vint regarder le mètre, vit que l'aiguille avait franchi le trait rouge (7 kg.) et s'était butée en regard du chiffre 8, dernier de la graduation, qu'elle ne pouvait franchir. Il donna l'alarme, et le chauffeur arrivait sur la plate-forme de la grue, lorsque la chaudière sauta en l'air et alla retomber à 40 mètres de distance. La région amincie de la paroi du foyer s'était fragmentée en quatre morceaux (Pl. XII, fig. 6) et le foyer, affaissé sur lui-même, présentait un trou équivalant à plus d'un tiers de sa surface.

Le chauffeur brûlé, non grièvement.

Surchauffe du tube, qui était privé de son tube intérieur de circulation, et ne pouvait par suite que s'encombrer de dépôts à sa partie inférieure. De plus, les nettoyages de la chaudière laissaient à désirer. Le tube qui s'est rompu était d'autant moins en état de résister, qu'il portait un fond rapporté par soudure et qu'il était aminci par une corrosion extérieure, attribuable aux effets antérieurs de surchauffe auxquels il avait été exposé par suite des mêmes circonstances.

613 litres; umbre, 7 kg.; construction en 1878. La tôle du foyer, de 10 millimètres d'épaisseur primitive, était affaiblie au voisinage du débouché de l'alimentation, par une corrosion étendue, tant extérieure qu'intérieure, qui en avait réduit l'épaisseur à 5 mm,3 en moyenne, et en un point à 4 mm,8; de plus, cette tôle paraît avoir été aigre. On avait l'habitude de laisser l'appareil en pression sous petit feu pendant le déjeuner des ouvriers, qui avait lieu dans une cabane à 50 mètres de distance. Le matin du jour de l'accident, on avait fourni au chauffeur, au lieu de menu de qualité inférieure qu'il était accoutumé à brûler, du charbon anglais à longue flamme.

Chaudière Field de 9 mètres carrés de surface de chauffe, 1 mètre cube de capacité, timbrée à 6 kg. Parmi les 38 tubes pendentifs, de 53 millimètres de diamètre intérieur, quatre étaient démunis du tube intérieur destiné à assurer la circulation; dans d'autres, le tube de circulation touchait le fond du tube bouilleur, où s'étaient accumulés des dépôts boueux.

Inférieure).

Lavoir, à Paris.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE — forme et destination de l'appareil Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
21 juillet.	Distillerie, à Remy (Oise).	Réchauffeur tubulaire de vinasse, comprenant un faisceau de 190 tubes dans lesquels passait la vinasse à réchauffer, tandis que ces tubes étaient extérieurement chauffés par de la vapeur comprise entre eux et une enveloppe cylindrique de 1 mètre de diamètre et 1 ^m 25 de hauteur. Les tubes se terminaient en haut et en bas dans deux plaques tubulaires, au pourtour desquelles venait s'assembler l'enveloppe cylindrique. Celle-ci était formée d'une feuille de cuivre de 2 millimètres d'épaisseur. La capacité ainsi offerte à la vapeur jaugait un peu plus de 800 litres; la vapeur y était amenée d'une batterie de générateurs timbrés à 5 et 6 kg., sans interposition de soupape ni même de détenteur, et sans qu'il y eût d'autres organes d'évacuation qu'un robinet à main et un purgeur automatique (vase allemand) destiné à laisser passer l'eau condensée, mais non la vapeur. Le récipient de vapeur ainsi constitué n'était pas timbré.	L'installation du réchauffeur de vinasse, telle qu'elle est indiquée ci-contre, avec le vase allemand, avait été récemment achevée. C'était la nuit; l'ouvrier distillateur était le seul ouvrier présent dans le local à deux étages, contenant les appareils dont il avait à surveiller le fonctionnement. La pression de vapeur au réchauffeur de vinasse s'était précédemment montrée instable. Déchirure de l'enveloppe cylindrique en cuivre, qui s'est ouverte en plein métal suivant une génératrice, et déroulée en grand. L'ouvrier distillateur a été retrouvé, le corps couvert de brûlures et une jambe cassée, dans l'escalier réunissant les deux étages du local.	Un ouvrier brûlé mortellement.	Excès de pression résultant des défauts de l'installation, de ses irrégularités par rapport au titre V du décret du 30 avril 1880, et des conditions défectueuses de travail dans lesquelles se trouvait placé l'ouvrier préposé à la distillation de l'alcool.
31 juillet.	Exploitation agricole, à Vivy (Maine-et-Loire).	Locomobile batteuse; chaudière tubulaire à flamme directe, composée d'un corps vertical contenant le foyer et d'un corps horizontal contenant les tubes; surface de chauffe, 9 mètres carrés; capacité, 800 litres; timbre, 6 kg.; construction en 1863; probablement. Les tôles, de 10 et 12 millimètres d'épaisseur primitive, réduites par l'usage à 6 et 7 millimètres (celle dernière épaisseur correspondait au corps horizontal de la chaudière).	Après avoir fonctionné dans une prairie ferme, où elle avait terminé son travail sous une pression à peine suffisante, la locomobile avait été amenée sur un second emplacement; on avait refait le feu, avec du bois pour combustible; les soupapes étaient calées, au moins partiellement; le travail n'était pas encore repris, et il s'était écoulé depuis sa cessation dans l'autre prairie 10 minutes selon les uns, une heure selon les autres.	Le chauffeur très grièvement blessé, et un ouvrier, qui travaillait à 100 mètres de l'appareil, blessé légèrement.	Insuffisance de la résistance de l'enveloppe par rapport à la pression intérieure. Sans que les causes de cette insuffisance de résistance aient été entièrement déterminées avec certitude, il y a lieu de relever la vétusté de l'enveloppe et le fait que la pression a pu s'élever rapidement dans cette locomobile.

2 août.	Fabrique de désincrustant pour générateurs de vapeur, à Paris.	<p>on n'est pas entièrement fixé sur l'état de la chaudière, toutes les parties n'en ayant pas été retrouvées.</p> <p>Chaudière horizontale à un bouilleur, dont le corps cylindrique mesurait 60 centimètres de diamètre et 2 mètres de long. Surface de chauffe, 5^m2,5; capacité, 865 litres; timbre, 4 kg.; âge et origine inconnus. On chauffait principalement avec un combustible végétal humide (résidus de tan non essorés), et l'appareil était soumis à des alternatives répétées de fonctionnement et de chômage.</p>	<p>tes jusqu'à des distances de 180 et 200 mètres.</p> <p>Déchirure de la partie arrière du corps cylindrique, qui s'est ouverte dans la région de la génératrice inférieure et dont une moitié s'est déroulée et détachée (Pl. XII, fig. 7 et 8). Le bas du corps cylindrique portait une corrosion extérieure qui allait en augmentant progressivement des rivures latérales à la génératrice inférieure, et de l'avant à l'arrière. Il y avait aussi de la corrosion intérieure. L'amincissement maximum allait jusqu'à réduire l'épaisseur à 1 millimètre.</p>	<p>L'industriel légèrement blessé par une brique projetée. Dégâts matériels importants.</p>	<p>partiellement calées.</p> <p>Corrosion profonde, intérieure et surtout extérieure, de la partie inférieure du corps cylindrique. En raison de l'humidité du combustible employé et des fréquentes alternatives de fonctionnement et de chômage du générateur, ce corps cylindrique était particulièrement exposé à une usure de ce genre, que des mesures appropriées de surveillance et d'entretien auraient dû faire découvrir en temps utile.</p>
4 août.	Papeterie, à Saint-Didier-sur-Léaujou (Rhône).	<p>Récipient cylindrique horizontal à fonds hémisphériques, de 1^m,5 de diamètre, 1^m,7 de longueur non compris les fonds, et cubant 4 mètres cubes. L'appareil, servant de lessiveur rotatif, était construit en tôle de fer de 8 à 9^m,8 pour la partie cylindrique, 10 et 11 millimètres pour les fonds. Au milieu de la partie cylindrique était un trou d'homme rectangulaire, de 58 cent. de longueur et 45 cent. de largeur, à cadre en fonte et fermeture autoclave, servant au chargement de l'appareil. Ce lessiveur, d'origine inconnue et âgé de plus de 30 ans, était timbré à 3 kg.; sa dernière épreuve remontait à un peu plus de 10 ans. Il recevait la vapeur d'une chaudière timbrée à 6 kg.; il était pourvu d'un robinet d'évacuation de vapeur manœuvrable à la main, et de deux soupapes, dont l'une, qui seule a été retrouvée, avait 46 millimètres de diamètre, 2^m,5 de levée, une charge un peu trop forte pour le timbre, si l'on s'en rapporte aux résultats du calcul, et un mauvais état de rodage.</p>	<p>Le lessiveur fonctionnait depuis une heure et demie environ, et depuis ce temps, c'est à cet appareil seul que la chaudière fournissait de la vapeur. Son robinet d'évacuation de vapeur était fermé; aucune surveillance n'était exercée sur l'appareil. Fragmentation en un grand nombre de morceaux. On n'a pas reconnu de corrosions importantes. Le métal paraissait aigre et fatigué, autant du moins qu'on en a pu juger par des essais effectués sur les fragments. Une des sections de rupture du cadre en fonte montrait une fissure ancienne.</p>	<p>Un ouvrier, qui travaillait à 6 ou 7 mètres de l'appareil, brûlé grièvement.</p>	<p>L'explosion s'est produite vraisemblablement en raison combinée de l'état de l'appareil, affaibli notamment par une fissure au cadre du trou d'homme, et d'un excès de pression par rapport au timbre du lessiveur. La cause de cet excès de pression est à chercher essentiellement dans les conditions d'installation et d'emploi du récipient, où l'on faisait arriver, pendant un temps prolongé, la vapeur d'une chaudière timbrée à 6 kg., sans qu'aucun orifice normal d'évacuation fût ouvert, ni aucune surveillance exercée sur l'appareil.</p>

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination — Détails de	ÉVÉNEMENT de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
27 août.	Exploitation agricole à Tignes.	Locomobile battisse. Chaudière horizontale tubulaire à flamme directe, avec foyer intérieur rectangulaire, une de 19 cent de diam. intérieur, construit en tôle d'acier, surface de chauffe, 9 m ² , 617 litres; Age inconnu, mais très ancien. 1,5 atmosphères, rempli par le liquide sensible. Poids de 3 kg; puis éléré à 10 kg. La tôle du corps était corrodée intérieurement la moitié inférieure, se trouvait dans les parties inférieures, de telle sorte que l'état plus que de 10 mètres sur presque tout le pourtour de la génératrice, un aversier des fuites qui s'étaient fait jour, et, après de la boîte, avait serré la partie inférieure avec deux contreplaques avec interposition de l. XII, fig. 9.	Pendant un arrêt du moteur pour cause de grainage, le corps cylindrique s'est ouvert suivant la génératrice inférieure et fragmenté en plus de vingt lambeaux. Les éclats furent projetés jusqu'à une distance de 225 mètres. L'aiguille du manomètre, à moitié rompue, était dans la direction de 8 kg, et un témoin a dit l'avoir vue marquer ce chiffre un peu avant l'explosion. Il semble résulter de l'enquête qu'à ce moment le chauffeur n'était pas à son poste.	Déplorable état du corps de chaudière, corrodé profondément, et, en outre, ramolli d'une façon vicieuse. Il est possible d'ailleurs qu'un excès de pression soit intervenu pour déterminer l'explosion.
		Déchirure de la joue latérale droite de l'enveloppe du foyer, sur 43 centimètres de hauteur, le long d'un de ses bords varicieux. On a constaté que les huit entretoises étaient toutes rompues (pl. XII, fig. 10, 11 et 12).	Cinq personnes blessées, dont quatre grièvement.	Corrosion et fatigue des entretoises reliant le foyer à l'enveloppe, le propriétaire du l'appareil n'ayant pas veillé au bon état de cette partie conformément à l'arrêté du 30 avril 1890.

17 sep- tembre.	Exploitation agri- cole, à St-Lau- rent - d'Aigouze (Gard).	<p>étaient corrodées, de telle sorte qu'elles n'avaient plus, dans la section la plus réduite, que 6 ou 7 mill. de diam.</p> <p>Locomobile batteuse. Chaudière hori- zontale tubulaire à flancs directs. La plaque tubulaire de boîte à fumée portait, à sa partie inférieure, un trou de lavage elliptique, mesurant 98 millimètres suivant le grand axe, et 65 millimètres suivant le petit, que fermait un tampon non auto- clave, maintenu appliqué sur l'ou- verture par un boulon à ancre de 16 millimètres (diamètre au fond des filets).</p>	<p>Le trou de lavage ayant donné lieu à une fuite, le feu fut éteint, le joint refait, puis on fit remonter la pres- sion. Le régisseur du domaine et son fils, voulant vérifier la tenue du nouveau joint, rouvrirent la boîte à fumée, et, trouvant sans doute qu'il perdait, se mirent à serrer le bou- lon. Celui-ci se brisa, et un jet de vapeur et d'eau sortit de l'ouverture.</p>	Quatre personnes brûlées plus ou moins grièvement.	<p>L'accident a eu pour causes une disposition vicieuse de l'appareil et une manœuvre imprudente : la disposition vicieuse ayant consisté en ce que le trou de lavage était fermé par un bouchon non autoclave, et la manœuvre imprudente, à laquelle on était d'ailleurs incité en raison de cette disposition, ayant été celle de resserrer le boulon à ancre de ce bou- chon, alors qu'il y avait de la pression dans la chaudière.</p>
15 octob.	Exploitation agri- cole, à Bouhy (Nièvre).	<p>Locomobile batteuse. Chaudière tubu- laire à flamme directe, composée d'un corps vertical contenant le foyer et d'un corps horizontal con- tenant les tubes. Surface de chauffe, 6^m2,2; capacité, 848 litres; timbre, 6 kg. Construction à une époque incertaine, peut-être vers 1869. Le corps horizontal, de 60 centimètres de diamètre, en tôle de 6 à 6^m5,5 d'épaisseur, avait à chaque extrémité sa paroi cylindrique relevée en col- lerette pour venir s'appliquer, d'un côté contre la face verticale corres- pondante de l'enveloppe du foyer, de l'autre côté contre la plaque tu- bulaire de boîte à fumée. Cette der- nière plaque, de 10 millimètres d'épaisseur, était par suite entière- ment plane; l'assemblage était ob- tenu au moyen d'une couronne de 39 rivets.</p>	<p>Pendant un arrêt du moteur, motivé par une impossibilité d'alimenter la chaudière (une obstruction par les dépôts s'était faite sur le trajet de l'alimentation), séparation du corps horizontal d'avec la plaque tubulaire de boîte à fumée et fragmentation violente de toute l'enveloppe. Il a été constaté que sur l'étendue de 28 des 39 rivets du pourtour de cette plaque, la collerette du corps cylin- drique était fissurée d'ancienne date de trou de rivet à trou de rivet (Pl. XII, fig. 13). En outre, l'une des soupapes était collée sur son siège, et l'autre vraisemblablement chargée pour 8 kg. au moins.</p>	Sept personnes tuées, une très grièvement bles- sée, deux blessées légèrement.	<p>L'origine de cette cassure est à chercher no- tamment dans les mouve- ments de soufflet auxquels était soumise la collerette suivant laquelle le corps cylindrique avait été rabattu à sa jonction avec la plaque tubulaire : ces mouvements ayant dû agir d'autant plus puissamment que la chau- dière était exposée à de fré- quents excès de pression. L'affaiblissement grave ré- sultant de cette avarie a com- biné ses effets avec une élé- vation de pression résultant d'un arrêt de la machine, sans toutefois qu'il soit dé- montré qu'à ce moment la pression ait excédé le timbre.</p>

NATURE de situation de l'établissement où l'appareil était placé	l'accident	CONSEQUENCES de l'accident		CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident			
18 octob.	Tinturerie, à Lyon	Récepteur de vapeur cylindrique, de 1 ^m .5 de diamètre et 2 mètres de hauteur, timbré à 2 ^m .5, muni d'une soupape et d'un manomètre. On y faisait arriver de la vapeur au sein d'une décoction aqueuse, jusqu'à ce que la pression fut d'environ 1 ^m .5; puis, on procédait à l'évacuation du liquide en ouvrant le robinet d'un tuyau plongeur, de sorte que le récepteur fonctionnait comme monte-jus; enfin l'on vidait l'appareil de son contenu solide. A cet effet, au bas du récepteur construit en tôle, était fixé un gueulard en fonte, dont l'ouverture, de forme rectangulaire avec coins supérieurs arrondis, mesurait 40 sur 35 centimètres; la pièce de fermeture, appliquée extérieurement, était une porte entièrement amovible.		A l'heure de la fin d'une opération qui était faite en dehors du roulement habituel, parce qu'une fuite autour de la porte du gueulard avait fait manquer une opération précédente, départ violent de cette porte; l'ouvrier qui avait été vu quelques instants auparavant devant le gueulard occupé avec un marteau, a été projeté à 1 ^m .5 de distance. Trois des menuisiers du gueulard étaient intacts, et des trois clavettes correspondantes, deux ont été retrouvées au pied de l'appareil; la troisième avait été projetée à une certaine distance; le quatrième mentionné avait été tordu et était parti avec la porte, les deux vis qui le fixaient sur le gueulard étant rompus.		L'ouvrier préposé à l'appareil, brisé mortellement.	
				Projection de la porte de déchargement du récepteur, dans des circonstances qui n'ont pas été entièrement mises en lumière par les résultats de l'enquête. Quelles qu'aient été ces circonstances, il y a lieu de remarquer que ce récepteur aurait dû être muni d'une vanne ou d'un robinet d'évacuation de vapeur, que l'ouvrier aurait eu la consigne d'ouvrir chaque fois après la vidange, avant de procéder à l'ouverture de la porte de déchargement. Le mode de fermeture de cette porte, qui que par a à clavier gueulard d'ailleurs			

l'industrie semi-tubulaire de 110 m.
carrés de surface de

et tous les tubes étaient de la même truction, sauf l'un d'eux (on ne sait lequel) qui avait été posé il y a 7 ans. Le tube indicateur du niveau de l'eau était relié à la chaudière par un tuyau de communication d'eau présentant un point bas sur son parcours. Il y avait, en outre, un flotteur magnétique, dont le sifflet avertisseur ne fonctionnait plus, le collier porteur de la came qui doit actionner le sifflet étant devenu fou le long de la tige, par suite du desserrage de la vis de fixation.

autres tubes de la même rangée, présentant des épaisseurs analogues, se rompirent aussi au ras ou au voisinage de la plaque tubulaire d'arrière; un autre fut déformé. La porte du foyer, dépourvue de tout loquet, s'ouvrit; la batterie, qui comprenait trois grandes chaudières, n'avait point de clapets d'arrêt de vapeur, contrairement au décret du 29 juin 1886, et toutes trois déversèrent leur vapeur dans la chaudière; la chambre de chauffe était une fosse, n'ayant pour issue qu'un escalier intérieur au local et ayant son pied presque en face du générateur qui s'est avarié.

22 octob. Filature de soie, à Anduze (Gard).

Chaudière cylindrique horizontale à fonds hémisphériques, de 0^m,95 de diamètre et 3^m,16 de long; capacité, 2 mètres cubes; timbre, 2 kg.; origine ancienne. La tôle du fond hémisphérique d'arrière, primitive-ment épaisse de 10 ou 11 millimètres, était réduite par les corrosions au point de n'avoir plus en certains points qu'une épaisseur insignifiante. La chaudière était tapissée de 15 ou 18 millimètres d'incrustations.

Néant.

Rupture du fond hémisphérique arrière d'un générateur d'âge ancien, corrodé au point de ne plus présenter, sur les bords de la plaque, qu'une épaisseur de métal insignifiante, et tapissé d'une couche épaisse d'incrustations.

alternatives du niveau de l'eau. Il est possible, en outre, mais non démontré, qu'il y ait eu à ce moment un abaissement du plan d'eau, consécutif à l'installation défectueuse du tube indicateur en verre et au non-fonctionnement du sifflet de l'appareil Lethuillier-Pinel, dont le collier porteur-came était devenu fou le long de la tige du flotteur. Relativement à la gravité des conséquences de cet écrasement de tubes à fumée, il y a lieu de noter le manque des clapets d'arrêt de vapeur, les dispositions défectueuses de la chaudière et l'absence d'organe de fermeture aux portes de foyer.

CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
<p>deux personnes tuées et quatre blessées plus ou moins grièvement</p>	<p>L'explosion doit être attribuée, d'une part, à la fatigue que des excès de pression répétés avaient imposée à cet appareil, dépourvu de la soupape réglementaire ; d'autre part, à des défauts dans sa constitution générale et notamment dans l'assemblage du fond qui s'est détaché avec la virole en cuivre. Les effets de l'explosion peuvent avoir été aggravés par une insuffisance de purge, tant de ce récipient que du récipient analogue voisin qui, sous le choc du premier, a sauté à son tour.</p>
<p>Aucun accident de personnes.</p>	<p>Amincissement excessif, par suite d'usure, de la virole en cuivre de cet appareil, qui datait de près de 30 ans.</p>

6 nov.	Usines d'électrécité, à Paris.	<p>été simplement démonté le plaquage de la virole, et éprouvé au timbre de Belleville, de 14 mètres carrés de surface de chauffe, timbrés à 15 kg., tubes de 0^m,10 de diamètre. L'arrivée de l'eau dans le collecteur rectangulaire inférieur se faisait par la gauche. La fermeture de la porte de bolte à tubes était assurée par une barre transversale; le fourneau portait une trappe d'expansion à obusière, débouchant dans une gauc qui communiquait avec le conduit de fumée en aval du registre.</p>	Néant.	<p>Ouverture d'un tube bouilleur, en dehors de la soudure: l'enquête opérée tardivement, par suite du défaut d'avis, n'a pu en préciser la cause.</p>
12 nov.	Fabrique de tartre, à Claira (Pyrénées- Orientales).	<p>Chaudière Field de 40=2,20 de surface de chauffe, 2=3,5 de capacité, timbrée à 6 kg. Les tubes bouilleurs pendentifs, au nombre de 113, mesuraient 75 millimètres de diamètre et 1^m,16 de longueur. Cet appareil était chaque année en fonctionnement continu pendant deux mois, et restait plein d'eau le reste du temps, sans nettoyage; il n'était vidangé que lorsqu'un tube bouilleur devait être remplacé. L'eau d'alimentation était magnésienne et notablement chlorurée; elle devait provenir d'une nappe saumâtre, l'eau étant à 2,00 mètres de la mer. Il y avait dans la cour de l'usine un nombre considérable de tubes anciens hors de service; dans plusieurs d'entre eux, le tube inférieur de circulation faisait corps avec l'enveloppe, cimenté par un bouchon de tartre, d'autres avaient été tampon-</p>	<p>Un enfant de 13 ans mortellement brûlé.</p>	<p>Mauvais état d'entretien de l'appareil. Le nombre excessif des remplacements de tubes qui avaient dû être opérés au cours du fonctionnement de cette chaudière, les observations qui ont pu être faites sur plusieurs des tubes ainsi remplacés, dont quelques-uns avaient leur parbo inférieure entièrement bouchée par le tartre, et dont d'autres avaient été tamponnés par des bouchons de bois; la composition de l'eau employée à l'alimentation; le fait que, le jour même de l'accident, un tube avait dû être remplacé avec le seul tube de rechange qui restait, et que ce remplacement n'eût probable-</p>

CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
Un homme blessé grièvement et deux autres grièvement blessés. Les fragments de la chaudière ont été lancés au loin; le hangar sous lequel était l'appareil a été entièrement démoli.	<p>ment pas été le seul si l'on est disposé du matériel nécessaire, puisque après l'accident plusieurs des tubes restants ont été rebutés; enfin, pour ce qui touche, en particulier, le tube qui s'est rompu, la constatation faite par le service des mines que la partie inférieure de ce tube était profondément altérée, ne permettent pas d'attribuer une cause différente à l'accident.</p> <p>Fissure développée le long d'une des clouures longitudinales de la virole avant du bouilleur de droite. Les effets provoqués par cette fissure ont été d'autant plus vifs que le bouilleur et le corps cylindrique avalent été construits en tôles de mauvaise qualité. L'origine de la fissure du bouilleur dont elle-même est rapportée à cette mauvaise qualité, jointe peut-être à l'influence d'une autre faute de construction, telle qu'un mauvais cintrage ou un mauvais maillage ou encore, si autre part, le mâtage, opéré deux mois avant l'accident dans l'espoir d'arrêter la fuite qui avait lieu le long du rivage, était peut-être un peu en défaut, et a contribué à développer la fissure.</p>

un bon de près de 3 millimètres de saillie, tandis que la tôle intérieure était rompue suivant une ligne de 800 mm sur 100 mm environ, en dehors des fentes de rivage, au voisinage du

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

DÉSIGNATION		NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
I. — Par nature d'établissements :				
Mines, carrières et annexes	Mine de houille...	1	9	"
	Fabrique de plâtre...	1	"	1
Usines métallurgiques..	Métallurgie.....	1	"	1
	Treflerie.....	1	4	3
Agriculture.....	Battage des grains.....	5	7	10
Industries alimentaires...	Minoteries.....	3	5	"
	Distilleries.....	2	1	"
	Fabrique de cellulose.....	1	1	5
	Fabrique de tartre.....	1	1	"
Industries chimiques...	Fabrique de désincrustant pour chaudières.....	1	"	"
	Fonderie de graisses.....	1	"	"
	Filature et tissage.....	2	2	4
Tissus et vêtements.....	Blanchisseries, teintures, ap- prêts.....	5	3	1
Papeteries.....		3	2	1
Entreprises de travaux et diverses.....	Grus roulante sur le quai d'un port.....	1	1	"
	Lavoir.....	1	"	"
Chemins de fer.....	Eclairage électrique.....	3	"	"
	Locomotive.....	1	"	2
Bateaux et engins flottants	Bateaux à vapeur.....	1	1	1
	Engin de levage à bord d'un bateau de pêche....	1	1	1
TOTAUX.....		36	38	30
II. — Par espèces d'appareils.				
1° Chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur :				
Horizontales non tubulaires, à foyer extérieur.....		6	9	1
Horizontales semi-tubu- } à foyer extérieur.....		2	3	1
lares } à foyer intérieur (**)		1	4	3
Verticale non tubulaire, à foyer extérieur (***).....		1	"	"
A petits éléments.....		4	1	1
2° Chaudières non chauffées à l'extérieur :				
Horizontales tubulaires... } à flamme directe.....		8	11	13
} à retour de flamme.....		1	"	"
Verticales.....		4	3	1
3° Récipients.....		9	7	10
TOTAUX.....		36	38	30

(*) Ayant eu plus de vingt jours d'incapacité de travail. Pour les blessures moins graves, voir le bulletin détaillé, qui mentionne tous les blessés signalés par l'enquête administrative.

(**) Chaudière à foyer intérieur, retour de flamme tubulaire, et chauffage extérieur par troisième parcours des gaz.

(***) Double fond de l'assine à cuire.

III. — D'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

1^{re} Conditions défectueuses d'établissement :

Mauvaise qualité des tôles.....	1	8
Mauvaises dispositions d'un fond embout.....	1	
Mauvais assemblage d'un fond en fonte avec une virole en cuivre.	1	
Retirures de fonte à la naissance d'une nervure.....	1	
Dispositions de pièce en fonte prêtant aux inconvénients du retrait lors de la coulée, à des dilatations inégales en service et à des efforts de flexion.	1	
Disposition non autoclave d'un tampon de vidange.....	1	
Installation entraînant des pressions trop fortes pour la résistance de l'appareil.....	2	

2^{re} Conditions défectueuses d'entretien :

Corrosions et usure de tôles.. ..	11	41
Fissure développée le long d'une ligne de flexion.. ..	1	
Cassure préexistante développée entre rivets.....	1	
Corrosion d'entretoises.. ..	1	
Usure de tubes à fumées.....	3	
Brûlure de tubes vaporisateurs	2	
Cassure préexistante d'une partie en fonte.....	2	
Fatigue résultant d'excès de pression antérieure à l'accident.. ..	1	
Tamponnage vicieux d'un trou de plaque tubulaire.....	1	

3^{re} Mauvais emploi des appareils :

Surchauffe ..	{ par manque d'eau.....	1	6
	{ par défaut de nettoyage ou par surmenage	1	
Excès de pression.....		3	
Serrage d'un boulon à ancre sur une chaudière en pression.....		1	

4^{re} Causes non précisées. 4

Nota. — On trouve 41 causes pour 36 accidents, parce que, dans 5 cas, l'accident a été porté comme dû à la coexistence de 2 causes, savoir : 1^{re} dispositions défectueuses d'un fond embout et corrosion de tôle (8 février); 2^{re} corrosion de tôle et excès de pression (13 juillet), 3^{re} cassure préexistante d'une partie en fonte, et excès de pression (4 août), 4^{re} disposition non autoclave d'un tampon de vidange, et serrage du boulon à ancre de ce tampon pendant que la chaudière était en pression (17 septembre); 5^{re} mauvais assemblage d'un fond en fonte avec une virole en cuivre, et fatigue résultant d'excès de pression antérieure à l'accident (23 octobre).

NOTE

SUR LES

DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU

Par M. FÉLIX DELAFOND, Ingénieur en Chef des Mines.

PRÉLIMINAIRES. — M. l'Inspecteur Général Haton de la Goupillière, Président de la Commission du Grisou, nous a confié la tâche de présenter à cette Commission le résumé d'un important mémoire publié, en 1895, dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique*, par M. Roberti-Lintermans, Ingénieur en chef, Directeur des Mines, chargé du service d'étude des accidents et du grisou.

Nous avons été invité à faire connaître, en outre, dans notre exposé, les principaux faits mentionnés durant ces dernières années, par les Ingénieurs qui s'étaient occupés des dégagements du grisou tant en France qu'à l'étranger.

Nous avons été ainsi amené à étudier, non seulement le mémoire de M. Roberti-Lintermans, mais encore divers autres mémoires, parmi lesquels nous citerons notamment les suivants :

MALLARD, Expériences sur la pression du grisou dans la houille, par M. Lindsay Wood (*Annales des Mines*, 3^e série, tome I).

DUFRENE, Les dégagements instantanés de grisou (*Bulletin de l'industrie minérale*, 3^e série, tome I).

ICHON et LOMBARD, Note sur les dégagements instantanés du grisou aux mines de Bessèges (*Annales des Mines*, 9^e série, tome I).

PETIT, Pression du grisou dans la 13^e couche du puits du Treuil des houillères de Saint-Étienne (*Bull. Industrie minérale*, 3^e série, tome VIII).

654 NOTE SUR LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU

SIMON, Note sur quelques expériences faites au siège n° 1 des mines de Liévin pour mesurer la pression du grisou (*Annales des Mines*, 9^e série, tome VIII).

§ 1^{er}. — Résumé des faits observés dans les dégagements instantanés.

Le mémoire de M. Roberti-Lintermans renferme l'analyse de tous les dégagements instantanés survenus en Belgique, de 1880 à 1891, qu'ils aient été suivis ou non d'accidents de personnes; c'est la suite de l'étude magistrale publiée jadis par M. Arnould pour les dégagements survenus avant 1880.

Les dégagements instantanés, mentionnés de 1880 à 1891, s'élèvent au nombre considérable de 131, soit en moyenne 1 par mois; 37 d'entre eux, soit environ le quart, ont fait des victimes, dont le nombre total a été de 98 (94 tués, 4 blessés).

Deux accidents seulement, survenus les 5 avril 1881 et 3 avril 1885, aux houillères de Marcinelle-Nord, ont eu une gravité exceptionnelle; dans le premier il y a eu 23 victimes, et dans le second 18. Pour les autres accidents, le nombre maximum de victimes a été de 4. Dans un seul cas, le grisou s'est enflammé, et c'est au jour que cette inflammation a eu lieu (Marcinelle-Nord, 5 avril 1881). Il est intéressant de constater ainsi que les lampes n'ont jamais été en défaut; c'est là un témoignage, non seulement de la haute sécurité que procurent les lampes Mueseler, mais encore des soins que les exploitants belges apportent au bon entretien de ces appareils. Disons aussi que c'est un témoignage de la prudence et du sang-froid dont fait preuve le personnel en présence du danger.

Si l'on analyse les causes incidentes qui ont, dans les divers dégagements instantanés, entraîné des victimes, on constate que plus des trois quarts de ces dernières ont

succombé à l'asphyxie. Cette asphyxie a été déterminée soit par du charbon pulvérulent qui a été projeté sur les ouvriers et les a ensevelis, soit par le grisou lui-même, qui avait envahi le courant d'air et l'avait rendu irrespirable. C'est cette dernière cause qui a fait le plus grand nombre de victimes.

De l'examen détaillé des dégagements instantanés qui ont été étudiés, il nous paraît utile de retenir certains faits de nature à jeter quelque lumière sur ces phénomènes encore assez mal connus.

CIRCONSTANCES DANS LESQUELLES ONT EU LIEU LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS. — *Districts à dégagements instantanés.* — Les dégagements instantanés ont été localisés, jusqu'à présent, dans un petit nombre de mines situées le plus généralement sur la lisière sud du bassin belge ; en outre, dans ces mines, quelques couches seulement donnent lieu à des dégagements.

Influence de l'inclinaison de la couche. — La pente du gîte n'exerce aucune influence ; les dégagements ont lieu indifféremment dans les plateures ou dans les dressants.

Influence des dérangements. — Une influence prépondérante paraît, au contraire, être exercée par les dérangements qu'ont subis les couches (failles, plissements, serrements, etc.) ; sur les 131 dégagements étudiés, 12 seulement ont eu lieu dans des parties où les gites avaient une allure régulière.

Absence d'indices précurseurs. — Le dégagement instantané n'est, le plus souvent, signalé par aucun signe précurseur ; parfois même le chantier ne paraissait pas auparavant dégager de grisou. De nombreux faits, parmi

656 NOTE SUR LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU
lesquels nous relaterons seulement les suivants, justifient cette conclusion.

Le 30 octobre 1880, à l'Agrappe, dans une taille chassante en plateure, on n'avait pas observé de traces sensibles de grisou, lorsqu'eut lieu un dégagement subit de gaz projetant 600 hectolitres de charbon pulvérulent.

Le 11 juin 1886, à l'Agrappe, dans une taille en plateure, 4 trous de sonde de 5 mètres de longueur, forés en avant de la taille, ne dénotaient pas une venue exceptionnelle de grisou, lorsqu'une très forte commotion se produisit inopinément; 5.000 hectolitres de charbon furent projetés ou déplacés, et le grisou fut refoulé à plus de 100 mètres du côté de l'arrivée de l'air.

Le 30 août 1886, à cette même mine de l'Agrappe, dans une galerie de traçage en plateure, 4 trous de sonde, dont 2 de 5 mètres, précédaient l'avancement et n'avaient fourni aucune indication utile, lorsqu'une irruption subite de grisou se produisit, projetant plus de 600 hectolitres de charbon.

Le 3 avril 1885, à Marcinelle-Nord, le front de taille était précédé de trous de sonde de 7 mètres de longueur. Ces derniers ne donnaient lieu qu'à un dégagement normal de grisou, lorsqu'une irruption de gaz se produisit inopinément, asphyxiant 18 ouvriers et projetant 1.250 hectolitres de charbon poussiéreux.

Le 21 avril 1891, à la mine des Produits, une invasion exceptionnelle de grisou, avec refoulement de ce gaz jusqu'au puits d'entrée d'air, se produisait dans un travers-banc qui venait de rencontrer une couche de houille; 4 trous de sonde traversant complètement cette couche avaient donné si peu de grisou qu'on n'avait pas hésité à faire partir des coups de mine.

Disons d'ailleurs, au sujet des sondages, que l'arrêté royal du 28 avril 1884 rend les forages obligatoires dans les couches à dégagements instantanés; or, malgré l'adop-

tion de ces mesures, il n'y a eu, sur les 131 dégagements étudiés, que 29 cas où les ouvriers aient été avertis, par des indices précurseurs, de la présence à proximité d'une quantité exceptionnelle de grisou.

On peut donc dire que, malgré les forages exécutés en avant des chantiers, les dégagements subits se produisent le plus souvent sans qu'aucun indice précurseur ait éveillé l'attention.

Dégagements successifs en des points voisins. — Des dégagements instantanés peuvent se produire successivement dans une même couche en des points très peu distants les uns des autres.

Nous citerons notamment les exemples ci-après :

Le 13 février 1885, à l'Agrappe, au niveau de 640 de la couche Chauffournoise, dans une taille en plateure, se produisait un dégagement avec projection de 190 hectolitres de charbon.

Le 28 février, dans la même taille, à 7 mètres plus loin, avait lieu un deuxième dégagement avec projection de 150 hectolitres de charbon.

Enfin, à 6 mètres au delà, toujours dans la même taille, se produisait un troisième dégagement.

D'autres chantiers de cette couche présentèrent les mêmes phénomènes ; aussi constate-t-on que, d'août 1884 à août 1885, l'étage de 640 de la couche Chauffournoise fut le théâtre de 23 dégagements instantanés, soit en moyenne deux par mois.

Influence de la nature des chantiers. — Les dégagements ont lieu soit pendant la période de défilage, soit pendant celle de préparation ou de reconnaissance.

Sur 131 dégagements, 100 se sont produits dans des chantiers de défilage, et 31 seulement dans d'autres chantiers. Mais, si on tient compte du faible développe-

ment que présentent généralement ces derniers, on est amené à considérer la période de préparation et de reconnaissance comme beaucoup plus dangereuse que celle du déhouillement.

Disons, d'ailleurs, que les plus forts dégagements constatés de 1880 à 1891 se sont produits dans la période de reconnaissance ou de préparation ; ainsi, pour 4 d'entre eux, le grisou a été refoulé jusqu'au puits d'extraction ; dans 3 de ces cas, le dégagement s'est produit dans des travers-bancs (Bellevue, 1880 ; Marcinelle-Nord, 5 avril 1881 ; Produits, 21 avril 1891) ; le quatrième a eu lieu dans une galerie de préparation au charbon (Marcinelle-Nord, 3 avril 1885).

Si l'on compare les volumes des matériaux projetés lors de 12 dégagements survenus en travers-bancs et de 7 dégagements survenus dans des galeries de préparation au charbon, on obtient les moyennes suivantes :

Galeries dans la couche :	477	hectolitres de matériaux projetés
Travers-bancs :	1.251	— —

C'est donc dans les travers-bancs que les dégagements atteignent leur intensité maximum.

Pareil résultat paraît d'ailleurs être rationnel ; le drainage préalable du grisou d'un gîte, notable dans les tailles et appréciable dans les galeries en couches, est à peu près nul dans un travers-banc.

Influence de la profondeur. — Les dégagements spontanés, qui étaient exceptionnels tant que les travaux n'étaient pas descendus au-dessous du niveau de 300 mètres, deviennent de plus en plus fréquents et intenses à mesure que les travaux s'approfondissent.

Faisons observer incidemment que pareille constatation permet de redouter de sérieuses difficultés dans l'avenir

NOTE SUR LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU 659
pour l'exploitation des bassins houillers, tant en Belgique
qu'ailleurs.

Existence de massifs perméables très grisouteux entourés par des massifs imperméables. — L'ensemble des faits observés tend à établir que, dans les houillères donnant lieu à des dégagements instantanés, il existe des massifs perméables très grisouteux entourés de massifs où la houille est dure, compacte au point de former une barrière infranchissable au grisou.

L'existence de massifs où la houille est compacte, à peu près imperméable au grisou, paraît résulter bien nettement des constatations faites jadis en Angleterre et récemment en France aux mines de Saint-Étienne et de Liévin.

En Angleterre, M. Lindsay Wood avait, dans des expériences sur la pression du grisou, fait les observations suivantes :

A la mine Boldon, un trou de sonde de 9^m,70 avait permis de constater que le grisou présentait à cette profondeur l'énorme pression de 32^{kg},4. Deux autres forages de 4^m,83 et de 2^m,35 avaient permis de relever respectivement les pressions de 29^{kg},8 et de 20^{kg},8.

A la mine Harton, un sondage de 11^m,32 avait indiqué une pression de 20^{kg},7; huit mois après, dans le même sondage, la pression était encore de 11^{kg},1.

A la mine Eppleton, un sondage qui n'avait que 1^m,07 avait indiqué une pression de 3^{kg},86.

L'existence, à de faibles profondeurs, de pressions aussi exceptionnelles, se maintenant à un taux élevé pendant une longue période, établit bien que, dans les trois mines précitées, la houille était remarquablement compacte et pouvait être considérée comme pratiquement imperméable au grisou.

A Liévin, M. Simon a observé des pressions de 7^{kg},50 à une profondeur de 12 mètres.

Pour 3 trous de sonde voisins, forés dans la veine Frédéric, qui avaient indiqué des pressions variant de 4^{ks},20 à 5^{ks},70 à des profondeurs comprises entre 9 et 12 mètres, la pression n'a baissé, en moyenne, que de 1/3 dans l'espace de deux années.

A la mine de Treuil, M. Petit a observé, à une profondeur de 4^m,50, une pression de 3^{ks},10 ; cette dernière était encore de 2^{ks},20 après six semaines.

Ajoutons, enfin, qu'en Belgique, d'après des expériences déjà anciennes, on aurait constaté, au fond de certains sondages des mines de Bellevue, des pressions atteignant 18 et même 23 kilogrammes (*).

De cet ensemble de faits concordants observés en Angleterre, en Belgique et en France, il est permis de conclure que la houille présente parfois une compacité telle qu'elle peut être, dans le domaine de la pratique, considérée comme imperméable au grisou.

D'autre part, la fréquence des dégagements spontanés survenus notamment en Belgique, l'importance des projections de charbon pulvérulent qui en sont la conséquence, montrent que, dans certains massifs, la houille est, à proprement parler, explosive (**); elle présente une perméabilité telle que le grisou s'y dégage simultanément sur une superficie notable, entraînant avec lui le charbon qu'il pulvérise, absolument comme dans une bouteille de champagne l'acide carbonique entraîne le liquide à l'état pulvérulent.

Toutefois, il importe de remarquer que ces massifs explosifs ne s'étendent que sur des superficies restreintes et le plus souvent minimales. On constate, en effet, que les

(*) PERNOLET et AGUILLON, *Rapport de mission en Belgique fait à la Commission du grisou* (page 18).

(**) On retrouve, en effet, alors des phénomènes analogues à l'explosion d'un réservoir à gaz comprimé : violente expansion de gaz avec projection de matières et bruit plus ou moins intense.

vides qui résultent des dégagements spontanés, même les plus intenses, sont peu étendus. Ainsi, celui créé par le dégagement qui fit, le 3 avril 1885, 18 victimes à Marcinelle-Nord, n'avait que 2 mètres de largeur sur 2 mètres de profondeur. Le fait, déjà signalé ci-dessus, de dégagements instantanés survenus successivement dans une même couche en des points rapprochés les uns des autres, prouve également le peu d'étendue occupée par les massifs explosifs.

L'existence de massifs perméables explosifs, et entourés de massifs imperméables, paraît donc justifiée. Elle rend bien compte, d'ailleurs, de la plupart des faits observés.

Ainsi, les forages ne doivent, vu leur faible diamètre, donner lieu à aucun dégagement tant qu'ils restent dans le massif imperméable ; il suffit qu'il reste au fond du trou une cloison de charbon compacte, de quelques décimètres ou peut-être même de quelques centimètres, pour que cette cloison résiste à la pression du grisou. Si, au contraire, on s'approche du massif perméable et explosif par une galerie à large section, la paroi, ayant à supporter une pression souvent fort élevée, pourra être projetée, quand bien même le chantier serait encore à une distance de plusieurs mètres du massif dangereux. On s'explique très bien ainsi pourquoi les sondages ne donnent le plus souvent aucune indication utile. Il faudrait, pour qu'ils remplissent le but désiré, qu'ils eussent de grandes longueurs ; il faudrait, en outre, qu'ils fussent assez nombreux pour opérer une reconnaissance complète en avant des chantiers ; cette double condition est d'une réalisation difficile dans la pratique des mines.

Un ancien Ingénieur aux mines de l'Agrappe, M. Bufrane, avait observé que dans ces mines les quartiers qui avaient donné lieu à des dégagements instantanés étaient groupés par zones. Ces dernières, qu'il appelle zones infestées, seraient « entourées de parties plus dures, plus com-

« pactes qui formeraient une barrière annulaire à l'expansion et à la répartition uniformes du gaz délétère ».

Les zones infestées de M. Dufrane paraissent bien correspondre à la réalité ; les massifs de houille explosifs sont parfois groupés en grand nombre dans un espace restreint, soit par suite de dérangements subis par les gites, soit par toute autre cause inhérente aux circonstances qui ont accompagné la formation de la houille.

§ 2. — Moyens propres à éviter les accidents.

Les moyens propres à éviter les accidents peuvent se ranger en deux catégories :

Les uns, qui sont préventifs, ont pour but d'empêcher les dégagements instantanés, ou, tout au moins, de réduire leur intensité ;

Les autres ont pour objet de préserver les ouvriers contre les conséquences souvent désastreuses de ces dégagements.

MOYENS PRÉVENTIFS. — M. Roberti-Lintermans mentionne les moyens préventifs suivants :

Sondages de reconnaissance ;

Limitation de la rapidité des avancements des chantiers ;

Avance donnée à l'exploitation de la couche la moins grisouteuse, lorsqu'on a affaire à un faisceau de couches.

Examinons successivement ces divers moyens.

Sondages. — Les sondages ont été fort critiqués en Belgique et ailleurs. On leur reproche, comme nous l'avons déjà dit, de ne fournir que des indications insuffisantes. On trouve, en outre, qu'ils ont l'inconvénient d'affaiblir la résistance du front de taille du chantier.

On fait observer, enfin, que leur exécution est difficile

NOTE SUR LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU 663

dans les couches disloquées ou faillées, parfois même impraticable, à cause de la friabilité du charbon, alors que c'est précisément dans ce cas que les dégagements instantanés sont le plus à redouter.

Ces critiques sont assurément justifiées; cependant, tout en n'accordant avec raison aux sondages qu'une confiance limitée, il y a là un moyen préventif qui ne saurait être laissé de côté, et qui peut rendre parfois de réels services. Il ne faut pas oublier, en effet, que, dans quelques cas, ils ont révélé en temps utile l'existence d'un danger; et la lutte contre les dégagements instantanés présente de telles difficultés qu'il ne faut négliger aucun moyen même imparfait.

Aux houillères de Saint-Étienne, l'Ingénieur principal, M. Petit, espère d'ailleurs obtenir de sondages effectués méthodiquement des indications précieuses sur la sécurité de la mine.

Mallard avait, en 1882, émis l'avis qu'il serait utile de pouvoir, au front de taille des chantiers, se rendre compte à chaque instant de la répartition des pressions, de façon à retarder l'avancement, lorsque le taux d'accroissement de ces dernières dépasserait certaines limites. C'est cette indication que M. Petit a mise à profit aux houillères de Saint-Étienne.

Toutefois, la pression du grisou ne constitue pas le seul élément à considérer; ainsi, de fortes pressions dans une houille très compacte ne créent pas un grave péril. Le danger doit être, en réalité, proportionnel, non seulement à la pression du grisou, mais encore au volume du gaz contenu dans le massif explosif. Ce volume doit dépendre lui-même de la porosité de la houille et de l'importance du massif explosif. On peut apprécier la porosité de la houille en observant le temps que la pression met à atteindre son maximum dans les forages; on peut également, en multipliant les sondages, reconnaître si le

massif explosif a une importance notable. C'est ainsi qu'on s'efforce de procéder aux houillères de Saint-Étienne, et théoriquement on aurait là une solution préventive excellente. Malheureusement on ne peut, dans les tailles, multiplier les sondages autant qu'il serait désirable. Les massifs explosifs ont, en effet, des dimensions restreintes, et il faudrait des sondages très rapprochés pour reconnaître sûrement leur existence et leur importance; d'autre part, les évaluations un peu exactes de la pression et de la porosité sont des opérations assez délicates, que le moindre défaut d'étanchéité dans les joints des appareils peut fausser grandement. Enfin, dans les galeries ou travers-bancs qui présentent plus de danger que les tailles, il sera souvent difficile de concilier les exigences de l'avancement avec les lenteurs que comportent l'exécution des sondages et les mesures de la pression du grisou et de la porosité de la houille. La méthode usitée aux houillères de Saint-Étienne ne saurait donc, pensons-nous, malgré les sérieux services qu'elle peut rendre dans certains cas, constituer une solution générale et complète de la question.

Deuxième moyen préventif. — M. Roberti-Lintermans indique comme deuxième moyen préventif de pousser lentement l'avancement des tailles et des galeries.

Dans les tailles, la pression du toit écrase les massifs jusqu'à une certaine distance et y provoque des fissures; dans les galeries, le foisonnement du charbon produit plus ou moins un résultat analogue. Ces fissures provoquent un drainage du grisou, dont l'écoulement s'opère ainsi lentement et progressivement.

La précaution recommandée est assurément excellente, mais on ne peut pas toujours, à cause des exigences de la production, limiter autant qu'il serait utile la rapidité des avancements.

Troisième moyen préventif. — Le troisième moyen recommandé consiste, quand on exploite simultanément plusieurs couches, à faire marcher en avant les travaux de la couche la moins grisouteuse. Si les chantiers de cette dernière sont en avance de six mois ou d'un an, les dislocations provoquées par le déhouillement, tant au toit qu'au mur du gîte, se seront propagées jusqu'aux autres couches et y auront déterminé des cassures. Le grisou des massifs perméables pourra se répandre ainsi dans les massifs primitivement imperméables, sa pression sera diminuée, et le danger pourra être singulièrement atténué lorsqu'on exploitera ces couches.

Ce procédé est fort rationnel et semble devoir donner de bons résultats; mais il faut, ce qui ne se présentera pas toujours, que la disposition des gîtes permette de l'appliquer.

Méthode basée sur l'emploi des explosifs. — Aux mines de Bessèges, M. Marsaut a employé une méthode toute différente, qui a été déjà usitée aux mines de Rochebelle pour parer aux dégagements instantanés d'acide carbonique. Ces derniers présentent absolument les mêmes particularités que les dégagements instantanés de grisou; les mêmes moyens préventifs peuvent donc être appliqués dans les deux cas. A Rochebelle et à Bessèges, on a abandonné radicalement les procédés usités ailleurs, tels que les sondages, et on a recours à de grands coups de mine qui sont tirés après que le personnel a été mis en sûreté. Ces explosions disloquent les terrains, même les plus compacts, y provoquent des cassures et les rendent plus ou moins perméables au grisou. La pression de ce gaz diminue alors dans les massifs explosifs, d'où une réduction de danger; les fissures, jouant le rôle de sondages, peuvent, en outre, donner lieu à des soufflards qui décèlent le péril. Enfin, et surtout, si les chantiers sont à

proximité d'un massif explosif, la dislocation des bancs résultant des coups de mine provoquera généralement le dégagement instantané du grisou sans qu'un accident soit à redouter, les ouvriers ayant été remontés au jour ou, tout au moins, mis en sûreté.

Cette méthode a incontestablement l'avantage d'être assez économique et de permettre un avancement rapide des chantiers ; toutefois, elle est appliquée depuis un trop petit nombre d'années pour qu'il soit possible, dès à présent, de se prononcer sûrement sur sa valeur ; on ne saurait dire notamment s'il n'y a pas inconvénient à faire usage d'explosifs dans des mines éminemment grisouteuses.

MOYENS PROPRES A PRÉSERVER LES OUVRIERS CONTRE LES CONSÉQUENCES DES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS. — M. Roberti-Lintermans énumère les nombreuses mesures recommandées ou adoptées en Belgique, pour garantir les ouvriers contre les conséquences des dégagements instantanés.

Nous passerons en revue les plus importantes.

Ces mesures sont les suivantes :

1° Emploi de lampes de sûreté offrant toute sécurité, et suppression de tout feu nu, tant au fond qu'au voisinage des puits au jour :

Ces précautions sont évidentes et n'exigent aucun commentaire. Nous nous bornerons à dire incidemment que les dégagements instantanés seraient plus redoutables encore si, au lieu de couches minces, on avait affaire à des couches puissantes ; il faut tenir compte, en effet, des incendies spontanés qui sont malheureusement fréquents dans les gites épais et qui peuvent déterminer alors l'inflammation du grisou. Des mesures de sécurité toutes spéciales peuvent être nécessaires en pareil cas ;

2° Emploi, pour les travaux préparatoires, de cloisons

verticales d'aérage, établies dans les galeries et amenant au front de taille de l'air frais venant directement du puits d'entrée, l'air contaminé allant au puits de sortie sans passer par d'autres chantiers en activité ; établissement, dans les cloisons, en arrière du front de taille, de portes placées en divers points et permettant aux ouvriers de se réfugier dans les compartiments d'arrivée de l'air frais.

Lors d'un dégagement spontané survenu, le 1^{er} juin 1882, à Sainte-Aldegonde, dans un montage occupant quatre ouvriers, deux de ces derniers ont échappé à l'asphyxie en se réfugiant ainsi dans le compartiment d'arrivée d'air.

Pour que pareille mesure soit sûrement efficace, il faut, ainsi qu'il est recommandé en Belgique, que l'aérage soit déterminé par un ventilateur soufflant, sans quoi l'obstruction de l'extrémité des cloisons par des éboulements suspendrait la ventilation ;

3^o Adoption de mesures destinées à assurer la rapide évacuation du grisou ; établissement, à cet effet, de larges voies de retour d'air ou, mieux encore, de galeries multiples, et installation à la surface de ventilateurs capables de fournir, au besoin, un débit très supérieur au débit normal. Toutefois, il est essentiel que les mécaniciens des ventilateurs s'aperçoivent assez tôt que le courant de retour contient une proportion anormale de grisou pour activer, en temps utile, la marche des appareils.

Ces mesures, excellentes assurément, sont néanmoins insuffisantes pour garantir les ouvriers contre les conséquences de très forts dégagements de grisou ;

4^o Enfin, le dernier moyen préconisé est l'établissement d'une canalisation fournissant de l'air comprimé. Des robinets seraient placés à peu d'intervalle les uns des autres (tous les 30 mètres environ), et jusqu'à une certaine distance en arrière des fronts de taille (100 ou 200 mètres). Leur ouverture permettrait aux ouvriers,

668 NOTE SUR LES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU
au cas où les galeries seraient infestées de grisou. de respirer de l'air pur et d'échapper à l'asphyxie.

Ces conduites d'air comprimé rempliraient ainsi le rôle que nous avons mentionné précédemment pour les cloisons d'aérage ; mais elles présentent sur ces dernières divers avantages.

Les cloisons ne peuvent être établies que dans les galeries de préparation ou de reconnaissance, tandis que les conduites d'air comprimé peuvent être et sont généralement installées aussi dans les voies principales qui desservent les chantiers de défilage. Ces conduites peuvent également dans ce dernier cas, bien qu'assez éloignées de la plupart des chantiers, rendre à l'occasion d'utiles services.

Les cloisons sont d'un entretien difficile et coûteux dans les galeries qui sont peu solides, tandis que la bonne conservation des tuyaux en fer étiré est aisée à obtenir.

Ajoutons, enfin, que, lorsque les galeries d'exploration sont à de grandes distances des puits d'entrée d'air, il devient peu pratique de conduire aux fronts de taille de l'air fourni par ventilateurs soufflants établis au jour. Il en résulterait une complication et des dépenses qui seraient généralement jugées excessives. Dans les mines pourvues d'une installation d'air comprimé, la canalisation s'étend, au contraire, sans difficultés sur toute l'étendue du champ d'exploitation.

Nous considérons donc l'emploi de l'air comprimé comme très rationnel dans les mines à dégagements instantanés, et de nature à rendre de grands services au point de vue de la sécurité des ouvriers. Le grisou ne provoquant l'asphyxie que d'une façon peu rapide et les ouvriers échappant souvent au danger des éboulements, le personnel des chantiers a alors le temps de fuir et d'arriver jusqu'aux robinets où il respirera de l'air pur.

On pourrait d'ailleurs compléter avantageusement l'ins-

tallation de robinets par celle de refuges avec portes susceptibles de se fermer assez hermétiquement, et dans lesquels de l'air comprimé serait insufflé en cas de besoin. M. Marsaut a établi de pareils refuges aux mines de Bessèges, et semblable disposition serait, dans la plupart des mines, d'une application facile et très peu coûteuse.

Nous croyons utile d'ajouter que ces robinets et refuges sont de nature à rendre des services non seulement en cas de dégagements instantanés de grisou, mais encore dans les cas de dégagements instantanés d'acide carbonique qui constituent également, comme vient de le montrer un accident récent, un redoutable danger. Sans doute, l'acide carbonique est plus asphyxiant que le grisou; cependant il est permis de penser qu'en rapprochant suffisamment des fronts de taille les robinets d'air comprimé ou les refuges, on arriverait, dans bien des cas, à préserver la vie de nombreux ouvriers.

Dans les mines particulièrement sujettes aux incendies, les ouvriers seraient également, dans bien des cas, préservés de l'asphyxie par l'emploi des moyens précités.

L'air comprimé, qui rend déjà, sous de nombreux rapports, de si grands services dans les mines, paraît donc être susceptible encore d'une nouvelle et importante application sur laquelle nous croyons utile d'appeler tout particulièrement l'attention des exploitants.

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET CARRIÈRES.

Extrait des rapports du Ministre de l'Intérieur, approuvés par le Président de la République en 1896 ().*

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	
			en or	en argent
				MENTIONS honorables
28 mars 1896.				
EURE.				
BARBOT (Prosper), homme d'équipe à la gare de Calleville.	Marnière souterraine à la Haye- de-Calleville. (28 janvier 1896.)	S'est exposé aux plus grands dangers en sauvant deux hommes sur le point de périr asphyxiés dans un puits.		2°
24 avril 1896.				
GARD.				
TURC (Antoine), chef de chantier aux mines de la Grand'Combe.	Mines de la Grand'- Combe. (9 juillet 1895.)	S'est exposé aux plus grands dangers en tentant de sauver un mineur as- phyxié par une explosion de grisou.		2°
SAONE-ET-LOIRE.				
JANIAUD (Antoine), chef de poste à Montceau- les-Mines.	Mines de Montceau- les-Mines. (4 février 1895.)	A fait preuve de beaucoup de courage et de dévouement lors d'une explosion surve- nue dans le puits St-Eugé- nie des mines de Montceau.		2°
28 mai 1896.				
ISÈRE.				
EYMARD (Jean), ouvrier mineur à la Motte-d'A- veillans.	Mines de la Motte- d'Aveillans (11 avril 1896.)	A fait preuve d'un courage et d'un dévouement excep- tionnels en portant secours à un mineur enseveli sous un éboulement.		2°

(*) Cet état fait suite à celui qui a été inséré dans le 2° volume de 1895 (p. 662).

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	
			en or	en argent
				MENTIONS honorables
25 juin 1896. PAS-DE-CALAIS.				
BOITE (Maurice), porion aux mines de houille de Vendin.	Mines de houille de Vendin. (29 novem- bre 1895.)	Se sont particulièrement distingués en portant se- cours, au péril de leur vie, à des ouvriers ensevelis sous un éboulement.	1 ^{re}	Mention honorable Id. Id.
NATTEZ (Dieudonné), ou- vrier mineur à Vendin.			2 ^e	
LABAUT (Adolp.), ouvrier mineur au même lieu.				
MARIN (Auguste), ouvrier mineur au même lieu.				
BEQUEUR (César), ouvrier mineur au même lieu.				
25 août 1896. GARD.				
ROSTDAE (Donat), chef de poste aux mines de Rochebelle.	Mines de houille de Rochebelle (Puits Fontanes). (2 juin 1896.)	Se sont tout particuliè- rement distingués lors du sauvetage des victimes d'un accident dû à un dégage- ment d'acide carbonique.	1 ^{re}	Mention honorable Id. Id. Id. Id.
BOULHAUMOND (Benjamin), maître mineur.			1 ^{re}	
AYEL (François), mineur.			2 ^e	
SYLVAIN (Baptiste), mi- neur.			2 ^e	
WILLES (François), ma- nœuvre.			2 ^e	
VIDAL (Auguste), manœu- vre.			2 ^e	
BALDY (Henri), receveur.			2 ^e	
DUBROAS (Henri), ouvrier.				
PONTUGNE (Eugène), ou- vrier.				
BALDY (Louis), ouvrier.				
TESTUD (Barthélemy), ou- vrier.				
TESTON (Louis), ouvrier.				
28 décembre 1896. NORD.				
BOQUILLON (Henri), ou- vrier mineur à Vicoigne.	Mines de houille de Vicoigne. (6 mai 1896.)	S'est tout particulièrement distingué pour sauver, au péril de sa vie, un de ses ca- marades sur le point de périr asphyxié.	1 ^{re}	

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BELGIQUE EN 1895.

I. — Charbonnages.

1° *Exploitation.* — La production houillère de la Belgique a été, en 1895, de 20.457.604 tonnes, d'une valeur totale de 193.357.700 francs. Ces résultats, comparés à ceux de 1894⁽¹⁾, accusent une diminution de 76.897 tonnes et une augmentation de 2.063.600 francs.

La valeur moyenne de la tonne a haussé, en effet, de 13 centimes et est ressortie à 9^f,45.

L'extraction s'est répartie comme suit entre les districts houillers :

	Tonnes.	Francs.
Hainaut	14.892.430	139.860.300
Namur	516.890	3.899.200
Liège	5.048.284	49.598.200
Totaux.....	20.457.604	193.357.700

L'effectif du personnel ouvrier s'est élevé à 118.937 travailleurs, soit 1.834 de plus qu'en 1894; en voici la répartition :

		OUVRIERS	
		à l'intérieur	à la surface
Hommes et garçons	au-dessus de 16 ans.....	80.401	21.206
	de 14 à 16 ans.....	4.198	1.512
	de 12 à 14 ans.....	1.594	1.181
Femmes et filles	au-dessus de 21 ans.....	595	1.589
	de 16 à 21 ans.....	673	3.759
	de 12 à 16 ans.....	»	2.249
Totaux.....		87.461	31.496
		118.937	

(¹) Voir pour la Statistique de 1894, *Annales des Mines*, 2^e vol. de 1895, p. 664.

Depuis l'année 1891, qui a précédé celle de la mise en vigueur dans les mines de la loi du 13 décembre 1889 sur le travail, le nombre des femmes et des filles occupées à l'intérieur des travaux a diminué des deux tiers. La catégorie des jeunes filles au-dessous de 16 ans a même entièrement disparu en 1894.

Quant aux enfants au-dessous de 16 ans employés souterrainement, leur nombre s'est réduit du tiers.

La production par ouvrier du fond a été de 234 tonnes, soit 3 tonnes de moins qu'en 1894.

La production par ouvrier du fond et de la surface réunis a été de 172 tonnes, 3 de moins également que l'année précédente.

Le montant des salaires s'est élevé, en 1895, à la somme de 112.743.800 francs, ce qui établit le salaire annuel moyen de l'ouvrier, sans distinction de travail ni de sexe, à 948 francs, 7 de plus qu'en 1894. En réalité, si l'on déduit les retenues pour les institutions de prévoyance, certaines consommations et les amendes, ce salaire se réduit à 933 francs, et le salaire journalier moyen, à raison de 295 jours de travail, à 3^f,17. Par rapport à l'année précédente, le salaire annuel net s'est accru de 0,8 p. 100, et le salaire journalier de 1,9 p. 100.

Le salaire journalier net de 3^f,17 se décompose comme suit :

Ouvriers de la surface	2 ^f ,44
Ouvriers du fond	3 ^f ,43

— Si l'on distingue les exploitations qui ont présenté des excédents de recettes ou de dépenses, on trouve qu'il y a eu :

77 charbonnages en gain, avec un bénéfice de.	11.654.700 francs
47 — en perte, avec un déficit de..	3.357.300 —

Soit une différence en faveur des recettes de.. 8.297.400 francs

2° *Mouvement commercial des combustibles.* — Le mouvement commercial des combustibles en Belgique, durant l'année 1895, se résume dans les chiffres suivants :

			Tonnes
Production			20.457.604
Importation	Houille	1.530.364	2.027.123
	Briquettes	3.452	
	Coke	362.834	
Exportation	Houille	4.661.477	6.260.216
	Briquettes	459.702	
	Coke	870.983	
Consommation			16.224.511

Le coke a été exprimé en houille, dans le total de l'importation, de l'exportation et de la consommation, à raison d'un rendement en coke de 73,5 p. 100 de houille.

Quant aux briquettes, il a été compté 90 kilogrammes de houille pour 100 kilogrammes d'agglomérés.

II. — Mines métalliques et minières.

La production des mines métalliques et des minières de la Belgique, en 1894, a été la suivante :

	Tonnes		Francs
Minerais de fer.....	312.637	valant	1.480.450
Minerais de plomb.....	220		25.500
Minerais de zinc.....	12.230		564.250
Pyrite.....	3.510		36.150
Minerais de manganèse...	22.478		286.270
Représentant une valeur totale de.....			2.392.620

Cette valeur est inférieure de 92.580 francs à celle de l'année précédente.

L'effectif du personnel ouvrier a été de 2.201 individus, ne comprenant ni femmes, ni filles, et seulement un garçon au-dessous de 16 ans.

III. — Carrières.

Le tableau ci-dessous indique, pour l'année 1895, les quantités et les valeurs des produits extraits des carrières belges :

	QUANTITÉS	VALEURS
Pierres de taille.....	137.353 m. cubes.	11.928.300 fr.
Poudingue.....	245 m. cubes.	33.400
Chaux, moellons et pierrailles ...	2.488.840 m. cubes.	10.679.700
Pierres à paver.....	92.378.800 pièces.	7.875.800
Dalles et carreaux.....	95.137 m. carrés.	148.200
Marbre.....	12.790 m. cubes.	2.121.200
Ardoises.....	32.652.000 pièces.	1.228.100
	690 m. cubes.	30.500
Pierres à faux et à rasoir.....	70.000 pièces.	55.600
<i>A reporter</i>		34.100.800

	<i>Report</i>	34.100.800 fr.
Castine.....	163.800 m. cubes.	437.000
Terres plastiques.....	195.485 tonnes.	1.364.700
Marne et craie.....	100.160 m. cubes.	136.000
Sable.....	381.170 m. cubes.	790.600
Silex pour faïencerie.....	24.870 m. cubes.	100.000
Silex, gravier et pierrailles pour empierrement.....	202.590 m. cubes.	516.800
Terres ocreuses et autres pour couleurs.....	500 m. cubes.	10.000
Sulfate de baryte.....	32.750 tonnes.	229.300
Feldspath.....	1.900 m. cubes.	7.800
Phosphate de chaux.....	250.080 m. cubes.	1.928.600
Craie phosphatée.....	256.650 m. cubes.	1.487.100
Représentant une valeur totale de.....		41.128.700 fr.

La valeur de la production des carrières est supérieure de 2.748.400 francs à celle de 1894. L'augmentation a porté principalement sur les pierres de taille, les pavés, la castine et les matériaux pour empierrement.

Il y a eu 1.409 carrières en exploitation, comprenant dans leur ensemble 1.181 sièges à ciel ouvert et 639 sièges souterrains, et occupant 31.801 ouvriers.

La province d'Anvers n'est pas comprise dans le tableau ci-dessus. Elle a fourni, par le travail de 3.505 ouvriers, 390.000 mètres cubes de sables tertiaires, notamment pour verreries, et 775.000 mètres cubes d'argile de la même formation; le tout pour une valeur de 2.054.300 francs.

IV. — Métallurgie.

Les usines métallurgiques sont réparties en cinq groupes :

1° Hauts-fourneaux.

Nombre d'usines (actives).....	17
Nombre de hauts-fourneaux (actifs)...	29
Nombre d'ouvriers.....	2.949
Production en fonte.....	829.234 tonnes.
Valeur de la production.....	40.208.900 francs.
Prix moyen de la tonne.....	48',24

2° Usines à fer.

Nombre d'usines (actives).....	48
Nombre de fours à puddler (actifs)...	358
— à réchauffer (id.)....	157
— autres (id.)....	210
Nombre d'ouvriers.....	13.586
Production en fers finis.....	445.899 tonnes.
Valeur de la production.....	55.729.190 francs.
Prix moyen de la tonne.....	124 ^{fr} ,98

3° Acéries.

Nombre d'usines (actives).....	10
Nombre de fours Martin (actifs).....	7
Nombre de convertisseurs (actifs).....	14
Nombre de fours à réchauffer (actifs)...	29
Nombre d'ouvriers.....	4.691
Production en acier (produits finis)...	367.947 tonnes.
Valeur de la production.....	42.419.270 francs.
Prix moyen de la tonne.....	115 ^{fr} ,27

4° Usines à zinc.

Nombre d'usines (actives).....	12
Nombre de fours (actifs).....	366
Nombre d'ouvriers.....	4.783
Production en zinc brut.....	107.664 tonnes.
Valeur de la production.....	38.496.700 francs.
Prix moyen de la tonne.....	357 ^{fr} ,56

5° Usines à plomb et à argent.

Nombre d'usines (actives).....	3				
Nombre de fours à manche (actifs)...	17				
— à réverbère (id.)....	1				
— de coupelle (id.)....	4				
Nombre d'ouvriers.....	671				
Production.....	<table> <tr> <td>Plomb brut.....</td><td>15.573 tonnes.</td></tr> <tr> <td>Argent.....</td><td>31.543 kilog.</td></tr> </table>	Plomb brut.....	15.573 tonnes.	Argent.....	31.543 kilog.
Plomb brut.....	15.573 tonnes.				
Argent.....	31.543 kilog.				
Valeur de la production.....	<table> <tr> <td>Plomb brut.....</td><td>4.203.800 francs.</td></tr> <tr> <td>Argent.....</td><td>3.430.000 francs.</td></tr> </table>	Plomb brut.....	4.203.800 francs.	Argent.....	3.430.000 francs.
Plomb brut.....	4.203.800 francs.				
Argent.....	3.430.000 francs.				
Prix moyen.....	<table> <tr> <td>de la tonne de plomb brut.....</td><td>269^{fr},94</td></tr> <tr> <td>du kilogramme d'argent.....</td><td>108^{fr},74</td></tr> </table>	de la tonne de plomb brut.....	269 ^{fr} ,94	du kilogramme d'argent.....	108 ^{fr} ,74
de la tonne de plomb brut.....	269 ^{fr} ,94				
du kilogramme d'argent.....	108 ^{fr} ,74				

V. — Accidents.

Les accidents survenus dans le courant de l'année 1895 se répartissent comme suit :

	CHARBON- NAGES	MINES métal- liques et minières	CARRIÈRES souter- raines	USINES métallur- giques	TOTAL
Nombre d'accidents.	283	2	7	27	319
Morts	158	1	5	13	177
Blessés grièvement.	133	1	2	20	156

Le nombre des ouvriers occupés dans les charbonnages ayant été (fond et surface réunis) de 118.957, la proportion des ouvriers tués, afférente à l'industrie houillère, a été de 1,44 par 1.000 travailleurs. Elle avait été de 1,62 l'année précédente.

La classification par *causes* des accidents survenus dans les houillères est donnée dans le tableau suivant :

				NOMBRE des		
				Accidents	Tués	Blessés
I. Travaux.						
Accidents survenus dans les puits et dans les descendries conduisant aux travaux souterrains.	{	A l'occasion du transport des ouvriers	{ Par câbles, cages, etc.	14	9	5
			{ Par échelles	"	"	"
			{ Par fabrikunst.	"	"	"
			{ Par éboulements, chutes de pierres et corps durs	3	3	"
			{ Dans d'autres circonstances	13	7	6
Accidents survenus dans les puits intérieurs et les cheminées d'explosion	{	Par l'emploi	{ des câbles	"	"	"
			{ des échelles	"	"	"
			{ Dans d'autres circonstances	9	6	3
Éboulements (y compris chutes de pierres et blocs de bouille, etc.) dans les chantiers et les voies.				110	81	32
Accidents causés par le grisou.	{	Dégagement normal.	{ Inflammations dues aux coups de mines.	"	"	"
			{ aux appareils d'éclairage	1	1	"
			{ Ouverture de lampes.	2	"	2
			{ Défauts divers ou inconnus	"	"	"
			{ Asphyxies	2	"	"
	{	Irruptions subites suivies	{ d'inflammation	"	"	"
			{ d'asphyxies, de projections de charbon ou de pierres, etc.	1	1	"
Asphyxies par d'autres gaz que le grisou.				"	"	"
Coups d'eau				"	"	"
Emploi des explosifs.	{		{ Tirage des mines.	14	3	15
			{ Autres causes.	2	"	2
Transport et circulation des ouvriers	{		{ Sur voies de niveau ou peu inclinées	24	9	15
			{ Sur voies inclinées	2	1	1
			{ où le transport s'effectue par treuils ou pontes	28	13	15
			{ traction mécanique.	"	"	"
Causes diverses.				27	2	26
Total				232	138	122
II. — Surface.						
Chutes dans les puits				"	"	"
Manœuvres de véhicules				12	10	2
Machines et appareils mécaniques				8	3	5
Causes diverses.				11	7	4
Total.				31	20	11
Total général.				263	158	133

(Extrait de la *Statistique des mines, minières, carrières, usines métallurgiques et appareils à vapeur, pour l'année 1893, par M. E. HARZÉ.*)

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1896 (*).

OUVRAGES FRANÇAIS.

1^o Mathématiques et Mécanique pures.

BEUDON (J.). — Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles dont les caractéristiques dépendent d'un nombre fini de paramètres (thèse). In-4^o, 53 p. Paris, Gauthier-Villars et fils.

(6981)

FLOQUET (G.). — Sur certaines fonctions à trois déterminations considérées comme solutions d'une équation différentielle linéaire. In-8^o, 44 p. Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}.

(6790)

HAURE (M.). — Recherches sur les points de Weierstrass d'une courbe plane algébrique (thèse). In-4^o, 89 p. Paris, Gauthier-Villars et fils.

(7090)

LAURENT (P.). — Note sur les fonctions secondaires de dérivation. In-8^o, 43 p. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie} (Extrait de la *Revue d'artillerie*).

(10722)

MONTET (F.). — Esquisse d'une étude analytique des courbes algébriques et transcendante les plus remarquables, avec leurs principales applications en mécanique, en astronomie et en physique. In-8^o, iv-60 p. Lyon, Georg.

(11351)

OCAGNE (M. D'). — Cours de géométrie descriptive et de géométrie infinitésimale. In-8^o, xi-429 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils.

(5777)

(*) Les numéros qui figurent à la suite de chaque ouvrage sont ceux sous lesquels ces ouvrages sont respectivement inscrits dans la Bibliographie française et dans les Bibliographies étrangères.

- PORTIER (B.). — Le Carré diabolique de 9 et son dérivé, le carré satanique de 9 (carré de base magique aux deux premiers degrés), tirés du carré magique de 3. In-8°, 32 p. Alger, Jourdan. (5525)
- RAFFY (L.). — Leçons sur les applications géométriques de l'analyse (éléments de la théorie des courbes et des surfaces). In-8°, vi-251 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 7^f,50. (11790)
- ROCQUIGNY-ADANSON (G. DE). — Les Nombres triangulaires, note suivie de diverses questions sur ces nombres. In-8°, 32 pages. Moulins, impr. Auclaire. (11413)
- TARRY (G.). — Sur la théorie des carrés magiques impairs à deux degrés. In-8°, 4 p. et tableau graphique. Paris, 28, rue Serpente. (11839)
- VIDAILLET (J.). — Sur une interprétation géométrique des coordonnées trilinéaires et Application aux courbes de degré n tangentes à une conique en n points. Préface de G. Papelier, professeur de mathématiques spéciales. In-4°, 116 p. avec fig. Paris, l'auteur, 4, rue Perdonnet. 6 fr. (11858)
- WEINGARTEN (J.). — Mémoire sur la déformation des surfaces. In-4°, 46 p. Paris, Impr. nationale (Extr. des *Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des Sciences*). (12300)

2° Physique et Chimie.

- ARIÈS (E.). — Chaleur et Énergie. In-16, 168 p. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et C^{ie}. 2^f,50. (9376)
- BLOCH (R.-S.). — Recherches expérimentales sur l'absorption métallique de la lumière et les phénomènes optiques qui s'y rattachent (thèse). In-8°, 86 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (11673)
- BOURBOUZE (J.-G.). — Modes opératoires de physique, de J. G. Bourbouze. Rassemblés et augmentés par Ch. Hemardinquer, préparateur à la Faculté des sciences. Publiés avec l'autorisation de M^{me} V^o Bourbouze. Préface de M. G. Lippmann, de l'Institut. In-8°, viii-327 p. avec fig. Paris, impr. Desgrandchamps. (12175)
- CURIE (P.). — Propriétés magnétiques des corps à diverses températures (thèse). In-8°, 123 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10868)
- DELEMER (J.). — Sur le mouvement varié de l'eau dans les tubes capillaires cylindriques évasés à leur entrée, et sur l'établissement du régime uniforme dans ces tubes (thèse). In-4°, 83 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10871)

- DELÉPINE (S.-M.). — Sur une méthode de séparation des méthylamines par l'aldéhyde formique (thèse). In-4°, 50 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7036)
- DENIGÈS (G.). — Méthode générale pour le dosage du mercure sous une forme quelconque; Applications pharmaceutiques. In-8°, 16 p. Bordeaux, impr. Gounouilhou (Extr. du *Bull. des travaux de la Société de pharmacie de Bordeaux*). (8377)
- Deuxième supplément au Dictionnaire de chimie pure et appliquée d'Ad. Wurtz, publié sous la direction de Ch. Friedel, professeur à la Faculté des sciences de Paris, avec la collaboration de MM. P. Adam, A. Béhal, G. de Bechi, A. Bigot, L. Bourgeois, L. Bouveault, E. Burcker, C. Chabrié, P.-T. Cleve, Ch. Cloëz, A. Combes, C. Combes, A. Etard, Ad. Fauconnier, H. Gall, A. Gautier, H. Gautier, E. Grimaux, G. Griner, etc. T. II. Fascicule 28. In-8° à 2 col., p. 561 à 640. Paris, Hachette et C^{ie}. 2 fr. (11509)
- DUCLAU (S.). — Histoire de l'électricité. Ouvrage revu et complété par A. Dubois, ancien inspecteur primaire. Petit in-8°, 318 p. avec 30 fig. dans le texte et 9 grav. hors texte. Limoges, Ardant et C^{ie}. (5989)
- DUREM (P.). — Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques. In-8°, 212 p. Paris, Hermann (Extr. des *Mémoires de la Soc. des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*). (8380)
- Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Frémy. T. 9 : Chimie organique. 2^e section : Chimie physiologique. 2^e fascicule : Chimie des liquides et des tissus de l'organisme (deuxième partie, livres 5 et 6), par le Dr Garnier, professeur à la Faculté de médecine de Nancy. In-8°, p. 703 à 1232. Paris, V^e Ch. Dunod et P. Vicq. 20 fr. (12206)
- ESTAUNIÉ (E.). — Les sources d'énergie électrique. In-8°, 348 p. avec fig. Paris, May et Motteroz. (10672)
- ETAIX (L.). — Contribution à l'étude de quelques acides bibasiques. In-8°, 64 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10895)
- FIGUIER (A.). — Excès d'intensité du courant initial dans les piles voltaïques. In-8°, 7 p. Bordeaux, impr. Gounouilhou. (Extr. des *Proc.-verb. des séances de la Soc. des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*). (8393)
- Recherches sur l'affinité chimique. In-8°, 20 p. Bordeaux, impr. Gounouilhou (Extr. des *Mém. de la Soc. des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*). (8394)
- GAUTIER (A.). — Cours de chimie minérale, organique et biolo-

- gique. 2^e édition, revue et mise au courant des travaux les plus récents. Chimie organique. In-8°, xxi-672 p. avec 72 grav. Paris, G. Masson. (10680)
- GRIMAUD (E.). — Lavoisier (1743-1794), d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits. 2^e édition, avec 10 grav. hors texte. In-8°, ix-405 p. Paris, F. Alcan. (5422)
- HANTZSCH (A.). — Précis de stéréochimie. Traduction française, publiée par MM. Ph.-A. Guye et M. Gautier, professeurs de chimie à l'Université de Genève. Avec une note additionnelle de M. A. Werner, professeur de chimie à l'Université de Zurich. In-8°, 227 p. Paris, G. Carré. (7497)
- HENRY (C.). — Les rayons Röntgen. Paris. In-16, 64 p. avec fig. 1^r, 75.
- HOULLEVIGUE (L.). — De l'influence de l'aimantation sur les phénomènes thermo-électriques. In-8°, 75 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10934)
- JARIAS. — Les Rayons X. In-8°, 8 p. Bourg, imp. Allombert. 9251
- LEBLOND (H.). — Cours élémentaire d'électricité pratique. 2^e édition. In-8°, vi-468 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. 7 fr. (7516)
- LE DANTEC (L.-M.). — Étude critique sur la lumière et l'électricité. In-8°, 44 p. avec fig. Saint-Just, Impr. universelle. (5464)
- LEFÈVRE (J.). — La Spectroscopie. In-16, 188 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et C^{ie}. 2^r, 50. (5466)
- Spectrométrie. Appareils et Mesures. In-16, 212 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et C^{ie}. 2^r, 50. 7783
- LIMB (C.). — Mesure directe des forces électro-magnétiques (thèse). In-4°, vii-120 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10970)
- MANEUVRIER (G.). — Nouvelle méthode de détermination du rapport $\frac{C}{c}$ pour l'air et d'autres gaz. In-4°, vii-227 p. avec fig. et tableaux. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10977)
- MANGON (E.). — Le Courant électrique différentiel. In-8°, 61 p. avec fig. Paris, Baudry et C^{ie}. (8450)
- MARIE (T.). — Recherches sur les acides cérotique et mélistique (thèse). In-4°, viii-107 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (10978)
- MOISSAN (H.) et L. OUVRARD. — Le Nickel. In-16, 183 p. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et C^{ie}. 2^r, 50. (7808)
- MOURET (G.). — L'Entropie, sa mesure et ses variations. Exposé synthétique des principes fondamentaux de la science de la chaleur. In-8°, 93 p. avec fig. Paris, G. Carré. (Extr. de la *Revue générale des sciences pures et appliquées*). (9682)

- NEYRENEUF. — Vibrations circulaires des cordes. In-8°, 9 p. Caen, Delesques. (Extr. des *Mém. de l'Acad. nat. des sciences, arts et belles-lettres de Caen*). (8155)
- PELLAT (H.). — Cours de physique générale. Polarisation et Optique cristalline. Leçons professées à la Sorbonne en 1895 par H. Pellat, professeur-adjoint à la Faculté des sciences de Paris. Rédigées par MM. Duperray et Gallotti, agrégés de l'Université. In-8°, 293 p. avec fig. Paris, G. Carré. (7559)
- PERREAU (F.). — Étude expérimentale de la dispersion et de la réfraction des gaz (thèse). In-4°, 65 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (11010)
- PULFRICH (M.-C.). — Appareil universel pour les mesures de réfraction et de dispersion. In-8°, 7 p. avec fig. Tours, impr. Deslis Frères (Extr. du *Journal de physique*). (8490)
- REBIÈRE (J.-C.-G.). — Contribution à l'étude des benzoates métalliques (thèse). In-4, 56 p. Bordeaux, impr. Gounouilhou. (9050)
- RIVIÈRE (G.) et G. BAILHACHE. — Dosage de l'azote à l'état nitrique et en l'absence des nitrates. Modifications aux méthodes Schloessing et Kjeldahl (mémoires présentés à l'Académie des Sciences et à la Société chimique). In-8°, 26 p. Versailles, impr. Cerf. (9505)
- THEVENET (A.). — Recherches sur les influences de la chaleur, du vent et de la vapeur d'eau sur la pression barométrique. In-4°, 68 p. Mustapha-Alger, impr. Giralt. (5573)
- TOLLENS (B.). — Les Hydrates de carbone. Traduit de l'allemand par Léon Bourgeois, répétiteur à l'École polytechnique. In-8°, xii-771 p. avec 24 fig. Paris, Dunod et Vicq. (7611)
- VIGOUROUX (E.). — Le Silicium et les Siliciures métalliques (thèse). In-8, 120 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7170)
- VILLARD (P.). — Étude expérimentale des hydrates de gaz (thèse). In-8°, 158 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7171)
- VITOUX (G.). — Les Rayons X et la Photographie de l'invisible. In-18 Jésus, 192 p. avec 30 fig. et dessins, et 16 planches hors texte. Paris, Chamuel. (6441)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- BERNARD (A.). — Géologie agricole et Cartes agronomiques. Relations entre les formations géologiques et la composition du sol, conférence faite au concours régional de Moulins, le 29 mai 1896. In-8°, 56 p. Mâcon, impr. Protat Frères (Extr. des *Annales de l'Acad. de Mâcon*). (11071)

- BERTRAND (C.-E.). — Nouvelles remarques sur le *kerosene shale* de la Nouvelle-Galles du Sud. In-8°, 114 p. Autun, impr. Dejussieu père et fils (Extr. du *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*). (9780)
- BEURET (L.) et R. BRUNET. — Étude géologique, agricole et économique du département de la Dordogne. In-8°, 132 p. et planches. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. (Extr. des *Annales de l'Institut national agronomique*). (10640)
- BLEICHER. — L'Homme et les Animaux domestiques de la station préhistorique de Belleau (Meurthe-et-Moselle). In-8°, 3 p. Nancy, impr. Berger-Levrault et C^{ie}. (9128)
- BONNO. — L'Age du creusement des vallées dans la contrée qui compose le département de Seine-et-Marne. In-8°, 4 p. Paris, Imp. nationale (Extrait de la *Revue des travaux scientifiques*). (10643)
- BRUN (J.) et G. BARBO. — Diatomées miocènes. Espèces nouvelles, déterminées, décrites et dessinées par J. Brun, professeur à Genève, trouvées, montées et publiées par le comte G. Barbo, à Milan. Gr. in-4°, 31 pages. Tours, impr. Bousrez (Extr. du *Diatomiste*). (8855)
- Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines. N° 49. T. 7. La région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie); par Maurice Lugeon, docteur ès sciences physiques et naturelles. In-8°, 310 p. avec 58 fig. dans le texte et 8 planches. Paris, Baudry et C^{ie} (Ministère des Travaux publics). (6308)
- BUREAU (E.). — Sur quelques palmiers fossiles d'Italie. In-8°, 5 p. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (8201)
- Carte agronomique et géologique du département de l'Aisne, à l'échelle de 1/40.000, dressée par M. Gaillot, directeur de la station agronomique de l'Aisne. Publiée sous les auspices du conseil général de l'Aisne, avec le concours du Ministère de l'Agriculture. Paris, impr. Monrocq. (585)
- Carte des plis de la région de Castellane, à l'échelle de 1/200.000. Paris, impr. Erhard frères. (1242)
- Carte géologique détaillée de l'Algérie, à l'échelle de 1/50.000. Feuille n° 22 : Ménerville. — Feuille n° 43 : Palestro. Gravées par Erhard frères. Paris, impr. Erhard frères. (589)
- Carte géologique détaillée de la France, à l'échelle de 1/80.000. Feuille n° 112 : Dijon. 6 fr. — Feuille n° 224 : Castellane. 6 fr. Avec notices explicatives. Paris, impr. Lemercier et C^{ie}. (1005)

- Carte tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie, à l'échelle de 1/320.000, par E. Haug.** Paris, impr. Erhard frères. (1259)
- DAVIOT (H.) et B.-F. PAYEBIEN.** — Memento de géologie et de paléontologie, contenant : 1° notions élémentaires de géologie; 2° clefs analytiques pour la détermination sûre et prompte d'environ 230 genres fossiles. In-16, 226 p. avec fig. Mâcon, impr. Protat. 3 fr. (11168)
- DEVILLE (J.) et J. RAULIN.** — Carte agronomique de la commune de Brignais (département du Rhône). Gr. in-4°, 4 p. et carte. Lyon, impr. Schneider frères. (11186)
- Carte agronomique de la commune de Givors (département du Rhône). Gr. in-4°, 4 p. et carte. Lyon, impr. Schneider frères. (11187)
- DOUXAMI (H.).** — Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale. In-8°, iv-322 p. avec fig. et planches. Paris, Masson et C^{ie} (Extr. des *Annales de l'Université de Lyon.*) (8644)
- Exploration scientifique de la Tunisie. Description des Échinides fossiles des terrains jurassiques de la Tunisie recueillis par M. Le Mesle, membre de l'exploration scientifique de la Tunisie; par Victor Gauthier.** In-8°, 25 pages. Paris, Impr. nationale. (9853)
- Failles et Géogénie, d'après les observations et découvertes faites dans le Nivernais; par F.-L.** Publié par les soins de l'Institut scientifique du Sacré-Cœur, à Paray-le-Monial. In-4°, 259 p. et planches. Clermont-Ferrand, Mallevat. (8661)
- FLICHE (P.).** — Étude sur la flore fossile de l'Argonne (Albien-Cénomanién). Gr. in-8°, 195 p. et 17 planches. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^{ie} (Extr. du *Bull. de la Soc. des Sciences de Nancy*). (11223)
- FOURNIER (E.).** — Description géologique du Caucase central (thèse). In-4°, 300 p. et pl. Marseille, impr. Barthelet et C^{ie}. (8930)
- GAUDRY (A.).** — Essai de paléontologie philosophique, ouvrage faisant suite aux Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. In-8°, 235 p. avec 204 grav. Paris, G. Masson. (7735)
- Les Pythonomorphes de France. In-4°, 13 p. et pl. Paris, Baudry et C^{ie} (Extr. des *Mémoires de paléontologie de la Société géologique de France*). (11987)
- GENTIL (L.).** — Sur un gisement de hornblende basaltique à Beni-Saf (Oran). In-8°, 4 pages. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (6797)

- GIRARDOT (A.). — Études géologiques sur la Franche-Comté septentrionale. Le système oolithique. Paris. In-8°, 416 p. 12 fr.
- GLANGEAUD. — Les Formations tertiaires au sud du détroit poitevin. In-8°, 4 p. Paris, Impr. nationale (Extr. du *Bull. du Muséum d'hist. nat.*). (8233)
- JULIEN (A.). — Le Terrain carbonifère marin de la France centrale. I, Étude paléontologique et stratigraphique des faunes; II, Transgression de la mer carbonifère; III, Anciens glaciers de la période houillère supérieure dans la France centrale (avec coupes géologiques et 17 planches de fossiles en héliogravure de la maison Dujardin). Gr. in-4°, xxiii-305 p. Paris, Masson et C^{ie}. (5732)
- LACROIX (A.). — Minéralogie de la France et de ses colonies. Description physique et chimique des minéraux; Étude des conditions géologiques de leurs gisements. T. II. Première partie. In-8°, 256 p. avec fig. Paris, Baudry et C^{ie}. (10963)
- LARRAZET. — Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos. Paris. In-8°. 25 fr.
- PÉPRATX (E.). — Vertébrés fossiles découverts par M. Eugène Pépratx au domaine de M^{me} V^e Jules Sauvy, près de Villeneuve-de-la-Raho. In-8°, 7 p. Perpignan, impr. de l'Indépendant. (6165)
- PIETTE (E.). — Études d'ethnographie préhistorique. Les Plantes cultivées de la période de transition au Mas-d'Azil. In-8°, 24 p. avec fig. Paris, Masson et C^{ie} (Extr. de l'*Anthropologie*). (5782)
- POMEL (A.). — Carte géologique de l'Algérie. Paléontologie; Monographies; les Éléphants quaternaires. In-4°, 68 p. et 15 planches. Alger, impr. Fontana et C^{ie}. (9312)
- PRIEM (F.). — L'enseignement de la géologie dans les lycées. In-8°, 7 p. Saint-Cloud, impr. Belin frères (Extr. de l'*Enseignement secondaire*). (9041)
- QUESNEVILLE (G.). — De la double réfraction elliptique et de la tétraréfringence du quartz dans le voisinage de l'axe. In-8°, 34 p. avec fig. et planche. Paris, bureaux du *Moniteur scientifique*, 12, rue de Buci. (10754)
- RAMOND (G.). — Géologie des Indes anglaises (stratigraphie et tectonique), d'après la nouvelle édition de « A manual of the geology of India » (2^e édition 1893), élaboré par M. R.-D. Oldham, surintendant au « Geological Survey of India ». In-8°, 93 p. Paris, Comptoir géologique (Extr. de l'*Annuaire géologique universel*). (5790)
- RENAULT (B.). — Note sur le genre Métacordaïte. In-8°, 17 p. av. fig.

- Autun, imp. Dejussieu père et fils (Soc. d'hist. nat. d'Autun).
(8494)
- RENAULT (B.). — Les Bactéries dévoniennes et le genre *Aporoxylon* d'Unger, communication faite à la séance de la Société d'histoire naturelle d'Autun, le 14 juin 1896. In-8°, 4 p. Autun, imp. Dejussieu. (9497)
- TORCAPEL et ZACHAREWICZ. — Carte agronomique des communes de Saint-Saturnin-d'Avignon et Jonquerettes. Notice explicative. In-8°, 19 p. Avignon, imp. Seguin. 1 fr. (9081)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

- BERTIN (L.-E.). — Chaudières marines. Cours de machines à vapeur, professé à l'École d'application du Génie maritime. Gr. in-8°, 440 p. avec fig. Paris, Bernard et C^{ie}. 20 fr. (11670)
- Chaudière mixte, système Solignac. In-4° à 3 col., 4 p. avec fig. Paris, 28, rue Saint-Lazare (Extr. de la *Revue industrielle*). (10641)
- Conducteur (le) de moteurs à gaz et à pétrole. In-16, 160 p. avec fig. Paris, Bernard et C^{ie}. 1^r,50. (9405)
- DARIÈS (G.). — Mécanique, hydraulique, thermodynamique. In-16, viii-376 p. avec fig. Paris, Dunod et Vicq. (7458)
- Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz, commissaire général du gouvernement français. Comité 15 (1^{er} volume) : la Mécanique générale américaine à l'Exposition de Chicago. Rapport de M. *Gustave Richard*, ingénieur civil des mines, commissaire-rapporteur. Gr. in-8°, vii-634 p. avec fig. Paris, Imp. nationale. (Ministère du Commerce). / (10441)
- — Comité 15 (2^e volume) : les Machines à bois américaines. Rapports de M. *Antoine Vautier*, administrateur-gérant de la Société Dandoy-Mailliard, Luck et C^{ie}, commissaire-rapporteur. Gr. in-8°, 151 p. avec fig. Paris, Impr. nationale (Ministère du Commerce). (10674)
- FARMAN (D.). — Les Automobiles, Voitures, Tramways et Petits Véhicules. In-18jésus, vi-319 p. avec 112 fig. Paris, Fritsch. (8924)
- Frein d'entraînement circulaire, semi-automatique Juhel. In-8°, 4 p. et planche. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie} (Extr. de la *Revue d'artillerie*). (8671)
- MARCHAND (E.). — Nouvelle théorie des pompes centrifuges (étude théorique et pratique). In-8°, 193 p. avec fig. Paris, Bernard et C^{ie}. (9469)

- MARCHAND (E.). — Une nouvelle pompe centrifuge pouvant produire un nouveau moyen de propulsion des bateaux par réaction hydraulique. In-8°, 88 p. et 2 pl. Paris, Bernard et C^{ie}. (11572)
- RINGELMANN. — Rapport sur les expériences effectuées à la station d'essais de machines agricoles (exercice 1893). In-8°, 37 p. avec fig. Paris, Imp. nationale (Extr. du *Bull. du Ministère de l'Agriculture*). (8501)
- Machines employées en agriculture pour l'élévation des eaux. In-4°, 140 p. avec 150 fig. Paris, 33, rue Jean-Jacques-Rousseau. (12107)
- SAUVAGE (E.). — La machine à vapeur. Traité général, contenant la théorie du travail de la vapeur, l'examen des mécanismes de distribution et de régularisation, la description des principaux types d'appareils, l'étude de la condensation et de la production de la vapeur. 2 vol. gr. in-8°, avec 1.036 fig. T. I, XLV-468-xi p.; t. II, 547 p. Paris, Baudry et C^{ie}. (9066)
- WALCKENAER (C.). — Les Trappes d'expansion de vapeur des fourneaux de chaudières. In-8°, 12 p. Paris, Dunod et Vicq. (Extr. des *Annales des Mines*). (8530)
- WERHLIN (C.). — Les moteurs à gaz et les moteurs à pétrole à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 66 p. av. fig. Paris, Bernard et C^{ie}. (9537)

5° Applications industrielles de la physique et de la chimie. —
Métallurgie.

- BORCHERS (W.). — Traité d'électrométallurgie (magnésium, lithium, glucinium, sodium, potassium, calcium, aluminium, cérium, lanthane, didyme, cuivre, argent, or, zinc, cadmium, mercure, étain, plomb, bismuth, antimoine, chrome, manganèse, fer, nickel, cobalt, platine, etc.). Traduit d'après la 2^e édition allemande par le Dr L. Gautier. In-8°, II-488 p. avec 198 fig. et 3 pl. Paris, Baudry et C^{ie}. (9391)
- BRONGNIART (P.). — Monographie des explosifs. In-8°, 38 p. Nancy, impr. Berger-Levrault et C^{ie}. (5639)
- CADIAT (E.) et L. DUBOST. — Traité pratique d'électricité industrielle (Unités et mesures; Piles et Machines électriques; Éclairage électrique; Transmission électrique de l'énergie; Galvanoplastie et Électrométallurgie; Téléphonie). 5^e édition avec 277 fig. dans le texte. In-8°, vi-730 p. Paris, Baudry et C^{ie}. (7235)
- CAMPREDON (L.). — Note sur le dosage du soufre dans les produits sidérurgiques (fers, aciers et fontes). In-8°, 15 p. avec fig. Paris,

- impr. Perret et C^{ie} (Communication présentée au Congrès international de chimie appliquée). (11463)
- CARLES (P.). — Titration industrielle de l'acide tartrique. In-8°, 11 p. Bordeaux, Feret et fils. 1 fr. (7009)
- DEMENGÉ (E.). — Les Installations des nouvelles forges de Douai. In-8°, 24 p. avec fig. et planche. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (11957)
- DUMONT (G.) et E. HUBOU. — Historique, Propriétés, Fabrication, Applications de l'acétylène. In-8°, 124 p. avec fig. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. 3^f,50. (11972)
- FLOURENS (G.). — Résumé du rapport sur les travaux du premier Congrès international de chimie appliquée, tenu à Bruxelles en août 1894. In-8°, 13 p. Paris, impr. Davy (Extr. du journal *la Sucrerie indigène et coloniale*). (7942)
- HOSPITALIER (E.). — Formulaire de l'électricien. In-18 Jésus, 395 p. Paris, Masson et C^{ie}. (6370)
- JOANNIS (A.). — Traité de chimie organique appliquée. T. 2. In-8°, 722 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 15 fr. (L'ouvrage complet, 35 fr.) (12229)
- LARBALÉTRIER (A.). — Les Résidus industriels employés comme engrais. Industries minérales et animales. In-16, 200 p. Paris, Masson et C^{ie}; Gauthier-Villars et fils. 2^f,50. (10720)
- LEDEBUR (A.). — Le Fer et l'Acier : leurs emplois dans l'industrie, manuel à l'usage des constructeurs et des mécaniciens. Traduit de l'allemand par Th. Seeligmann, chimiste industriel. In-18 Jésus, XII-179 p. Paris, Fritsch. (5744)
- LOPPÉ (F.). — Les Accumulateurs électriques. In-16, 204 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils; Masson et C^{ie}. 2^f,50. (10734)
- MATHET (L.). — L'Éclairage à l'acétylène. Construction pratique et Installation à la portée de tous d'un appareil pour cet éclairage. In-8°, 16 p. et pl. Paris, Mendel. (12049)
- MONTPELLIER (J.-A.). — Les Accumulateurs W.-A. Boese. In-8°, 16 p. avec fig. Paris, impr. de Soye et fils (Extr. de l'*Electricien*). (9010)
- PERRODIL (C. DE). — Fabrication industrielle du carbure de calcium et de l'acétylène. In-8°, 49 p. et planche. Paris, 10, cité Rougemont (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils de France*). (12259)
- PIÉRART (A.). — Note sur une installation d'éclairage et de transport de puissance électriques exécutée par les ateliers Sautter, Harlé et C^{ie}. In-8°, 16 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. (8483)

- PIÉRART (A.). — Les Accumulateurs électriques et leur emploi. In-8°, 40 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. (9940)
- PROST (E.) et V. HASSREIDTER. — Manuel de chimie analytique appliquée aux industries du zinc et de l'acide sulfurique. In-8°, II-130 p. Paris, Baudry et C^{ie}. (6630)
- RICHE (A.) et G. HALPHEN. — Le Pétrole (exploitation, raffinage, éclairage, chauffage, force motrice). In-18 jésus, VI-484 p. avec 114 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils. (7591)
- SAGERET (J.). — Les Applications de l'électricité. Transformations de l'énergie électrique. In-8° carré, 351 p. avec fig. Paris, May. (11621)
- SCHWEITZER (C.). — Distribution électrique de lumière et de force à Briançon. In-8°, 36 p. avec 22 fig. et 1 planche. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. (5562)
- SEYEWETZ (A.) et P. SISLEY. — Chimie des matières colorantes artificielles. 2° fascicule : Matières colorantes azoïques (deuxième partie) ; Matières colorantes hydrazoniques ; Matières colorantes nitrosées ou quinones oximes ; Oxyquinones (couleurs dérivées de l'anthracène). In-8°, p. 153 à 336. Paris, G. Masson. (8782)
- — 3° fascicule : Matières colorantes dérivées du di et du triphénylméthane. In-8°, p. 337 à 472. Paris, G. Masson. (9729)
- TALANSIER (C.). — Obus calorimétrique pour l'estimation de la valeur des combustibles solides, liquides et gazeux, méthode de M. Berthelot ; Pouvoir calorifique des combustibles ; Détermination par l'appareil de M. P. Mahler. In-8°, 20 p. avec fig. Paris, Pichon. (5828)
- THOMPSON (S.-P.). — Courants polyphasés et alerno-moteurs. Traduction par E. Boistel, ingénieur-expert près le tribunal de la Seine. In-8°, XII-298 p. avec fig. Paris, Baudry et C^{ie}. (6675)
- TIFFEREAU (T.). — L'Art de faire de l'or. La Transmutation du fer, du cuivre et de l'argent en or. In-8°, 39 p. Paris-Grenelle, l'auteur, 130, rue du Théâtre. 2 fr. (5574)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

- ALLARD. — Une explosion de 1.750 kilogrammes de dynamite au fort du Larmont inférieur en 1877. In-8°, 12 p. avec grav. et planche. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^{ie}. (8296)
- BABU (L.). — Les Mines d'or de l'Australie (province de Victoria) et le Gîte d'argent de Broken-Hill (Nouvelle-Galles du Sud). In-8°,

- 86 p. avec fig. Paris, V^{re} Dunod et Vicq (Extr. des *Annales des Mines*). (6283)
- CAMBESSEDES (F.). — Accidents de mines. Paris. In-4°. 10 fr.
- Carte commerciale et minière des pays sud-africains (Transvaal, Orange, colonies anglaises du Cap et de Natal, colonie portugaise de Mozambique, Rhodesia, Nyassaland, etc.), dressée par F. Bianconi. Gravée par M. Perrin. Paris, F. Bianconi. (979)
- Carte des mines d'or en exploitation dans le district de Witwatersrand (Transvaal), dressée d'après les documents les plus récents par F. Bianconi, ingénieur géographe. Paris, Monrocq. (1003)
- Carte du bassin houiller du Pas-de-Calais (région levant), à l'échelle de 1/40.000 (août 1895), par A. Soubeiran. Paris, impr. Erhard frères. (1243)
- LASNE (H.). — Étude sur les phosphates naturels (origine, gisement, composition, exploitation). Rapport présenté au Congrès international de chimie appliquée (juillet-août 1896). In-8°, 68 p. Paris, impr. Perret et C^{ie}. (8434)
- MALLAT (A.). — Les Eaux minérales naturelles du bassin de Vichy (Noms des sources ; Dates de leur captage ; Modes d'arrivée de l'eau, etc.). In-4°, 8 p. Vichy, impr. Bougarel. (11313)
- Manuel des mines d'or (République sud-africaine ; Transvaal ; Autres pays de l'Afrique ; Australie ; Amérique ; Pays divers). In-18 jésus, LIX-339 p. Paris, 50, rue de la Chaussée-d'Antin. 3^f, 50. (6590)
- Notice sur les eaux minérales de Lamalou-le-Haut, faite à l'aide des notes de MM. les ingénieurs de Cizancourt et Clément, des notes et ouvrages de MM. le Dr Moitessier, Filhol, professeurs, des D^{rs} Boissier et Belugou. In-8°, 52 p. Montpellier, impr. Firmin et Montane. (9297)
- PETIT (P.). — Note sur un auto-captateur ou appareil servant à effectuer automatiquement de façon continue des prises d'air grisouteux ou de gaz quelconque. In-8°, 11 p. Paris, V^{re} Dunod et Vicq (Extr. des *Annales des Mines*). (6617)
- SARRAU. — Accidents survenus par suite d'explosion tardive de cartouches de grisoutine. In-8°, 11 p. Paris, V^{re} Ch. Dunod et P. Vicq (Extr. des *Annales des Mines*). (11821)
- Statistique de l'industrie minérale de la France. Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1894 et en 1895. In-8°, 12 p. Paris, V^{re} Dunod et Vicq (Extr. des *Annales des Mines*). (5822)

7° Construction. — Chemins de fer.

- BARBEY (C.). — Les locomotives suisses. Paris. In-4°. 75 fr.
Description et Instruction sur le montage et la manœuvre du frein à vide non automatique (système Hardy) pour chemin de fer d'intérêt local. In-8°, 15 p. Paris, Compagnie du frein à vide, 15, rue Portalis. (6339)
- DUBOIS (J.). — Notice sur les constructions en ciment armé. In-8°, 52 p. avec fig. Mâcon, impr. Protat frères. (5984)
- Durcissement de la pierre au moyen de fluosilicates ; par L. B. In-8°, 3 p. Nancy, impr. Berger-Levrault et C^{ie} (Extr. de la *Revue du Génie militaire*). (5996)
- FLAMANT (A.). — Stabilité des constructions ; Résistance des matériaux. 2^e édition, revue et augmentée. In-8°, 482 p. avec fig. Paris, Baudry et C^{ie}. (8395)
- GAUNIN (J.), L. HOUDAILLE et A. BERNARD. — Tables pour le tracé des courbes de chemins de fer, routes et canaux. Première partie : Tables trigonométriques ; deuxième partie : Recueil de coordonnées. In-8°, xxvi-176 p. Paris, V^e Ch. Dunod et P. Vicq. (9861)
- GRILLE et LABORDE. — Les Travaux publics aux États-Unis. Gr. in-8°, 244 p. et album in-4° de 111 planches. Paris, Bernard et C^{ie} (*Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893*). (9446)
- GRIMMEISSEN (C.). — Tables pour le tracé des courbes circulaires de raccordement des voies de communication. In-18, xl-337 p. avec fig. Le Faouët (Morbihan), l'auteur. (9865)
- MARCHENA (E. DE). — La Traction électrique des chemins de fer. In-8°, 121 p. Paris, Bernard et C^{ie} (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils de France*). (10737)
- MARTINEZ (J.). — Étude sur les constructions en béton de ciment armé, système Hennebique, communication présentée au congrès des architectes français, tenu à Paris en juin 1896. In-8°, 57 p. avec fig. Paris, Dumesnil, 129, rue Marcadet. (7135)
- MAURIAC (E.). — Mesures à prendre pour empêcher la propagation des maladies contagieuses par les wagons de chemins de fer. In-8°, 16 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (9277)
- OCAGNE (M. D'). — Application générale de la nomographie au calcul des profils de remblai et déblai, avec une instruction pratique pour la construction et le mode d'emploi des abaques

- à points isoplèthes. In-8°, 80 p. avec fig. Paris, V^o Dunod et Vicq. (8269)
- Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1894. Documents divers. Première partie : France (intérêt général). In-4°, vi-292 p. Paris, Imp. nationale, 5 fr. (Ministère des Travaux publics). (8516)
- — Deuxième partie : France (intérêt local); Algérie et Tunisie. In-4°, vi-338 p. Paris, Imp. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics). (11835)
- VILLARS (A.). — Les Tramways électriques à Amiens. In-8°, 27 p. Amiens, imp. Jeunet. (5835)

8° Législation. — Économie politique et sociale.

- AYNARD. — Travail des enfants, des filles mineures et des femmes dans les établissements industriels. Discours prononcé dans la séance de la Chambre des députés du 25 juin 1896. In-16, 64 p. Paris, Impr. des journaux officiels (Extr. du *Journal officiel*). (6965)
- CAIRE (C.). — La législation sur le travail industriel des femmes et des enfants (thèse). In-8°, 343 p. Paris, Arthur Rousseau. (9573)
- CHAILLEY-BERT (J.) et A. FONTAINE. — Lois sociales. Recueil des textes de la législation sociale de la France. Premier supplément, donnant les textes de 1895. In-8°, 36 p. Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}; Paris, Chailley. (8348)
- Décret relatif à l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie. Arrêté portant désignation du service des douanes pour la perception du droit sur l'exploitation des phosphates de chaux. Arrêté portant désignation de douars et tribus contenant des phosphates de chaux susceptibles d'être exploités. In-8°, 12 p. Alger, impr. Fontana et C^{ie}. 1 fr. (5390)
- ESNAULT (H.). — Rapports financiers de l'État et des Compagnies de chemins de fer (thèse). In-8°, 193 p. Paris, Arthur Rousseau. (9427)
- GABRIEL (G.). — De la responsabilité des patrons dans les accidents du travail. In-8°, xi-287 p. Nancy, impr. Crépin-Leblond. (6794)
- GRUNER (E.). — La loi sur les caisses de retraite des ouvriers mineurs, rapport présenté par M. E. Gruner, ingénieur civil des mines, secrétaire du comité central des houillères de France. Suivi des observations de M. Darcy, président du

- comité central des houillères de France, et M. *Ledoux*, ingénieur en chef des mines. In-8°, 23 p. Paris, 54, rue de Seine; 3, rue Scribe (Extr. de *la Réforme sociale*). (9447)
- LANOIR (P.). — La Question des chemins de fer. Les Accidents des chemins de fer. In-16, 71 p. Paris, Savine. 1^r,50. (7305)
- LEWY (E.). — La Réglementation de la production de charbon au Congrès international des mineurs de Paris (la Journée de huit heures; le Minimum du salaire; la Participation aux bénéfices. In-8°, 144 p., Paris, Leroy. 2^{fr},50. (6388)
- PROTAT (E.). — Litiges et Réclamations en matière de transports par chemins de fer. Commentaire pratique de la loi du 11 avril 1888, modifiant les articles 105 et 108 du Code de commerce. 4^e édition. In-8°, 104 p. Paris, Chaix. (12266)
- Question sociale. La Responsabilité civile des patrons dans les accidents du travail. Une solution juste. In-16, 7 p. Paris, impr. Balitout (Extr. du *Journal des chambres de commerce*). (11610)
- ROBERT (C.) et E. CHEYSSON. — La loi du 27 décembre 1895 sur les caisses de retraite des employés et ouvriers. Observations de MM. *Charles Robert*, ancien conseiller d'État, et *Emile Cheysson*, inspecteur général des Ponts et Chaussées. In-8°, 40 p. Paris, Chaix; secrétariat du comité des accidents du travail, 20, rue Louis-le-Grand (Extr. du *Bull. du comité des accidents du travail*). (5802)
- ROCHETIN (E.). — Les Assurances ouvrières. Mutualités contre la maladie, l'incendie et le chômage. In-18 jésus, III-288 p. Paris, Guillaumin et C^{ie}. 3^{fr},50. (9960)
- TARBOURIECH (E.). — La Responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail : histoire, jurisprudence et doctrine, bibliographie, travaux parlementaires jusqu'à la date du 24 mars 1896. In-8°, xv-517 p. Paris, Giard et Brière. 10 fr. (7866)

Objets divers.

- BOUQUET DE LA GRYE. — Note sur la décimalisation du temps et de la circonférence, présentée au Congrès national de géographie tenu à Lorient. In-8°, 10 p. Paris, impr. Noizette et C^{ie}. 50 cent. (11474)
- CAMPREDON (E.). — Organisation des services de travaux publics en France. In-16, VIII-416 p. Paris, Dunod et Vicq. (7436)
- Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz, commissaire général

- du gouvernement français. Commissariat spécial des colonies, de la Tunisie et de l'Algérie : l'Agriculture et les Instruments agricoles à l'Exposition de Chicago. Rapport de M. C. *Burgart*, ingénieur des arts et manufactures, commissaire-rapporteur. Gr. in-8°, 87 p. Paris, Imprim. nationale (Ministère du Commerce). (10442)
- FAYE (H.). — Sur l'origine du monde. Théories cosmogoniques des anciens et des modernes. 3^e édition. In-8°, xi-314 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 6 fr. (10901)
- LECHALAS (G.). — Etude sur l'espace et le temps. In-18 jésus, 205 p. Paris, F. Alcan. (10958)
- MESSEYÉDOFF (P. DE). — Les Écoles techniques fondées en Russie dans le but de former des agents techniques de degré inférieur pour les chemins de fer et autres services spéciaux du ressort du ministère russe des voies de communications. Communication faite au troisième Congrès international de l'enseignement technique, tenu à Bordeaux en septembre 1895. In-8°, 12 p. Bordeaux, impr. Gounouilhou (Société philomathique de Bordeaux, extr. du Compte rendu général du congrès). (9283)

OUVRAGES ANGLAIS.

1^o *Mathématiques et Mécanique pures.*

- CAYLEY (A.). — Collected Mathematical Papers. Vol. II. In-4°. Cambridge University Press. 31^l, 25.
- GREENHILL. — Differential and Integral Calculus. With Applications. In-8°, 472 p. Macmillan. 13^l, 15.
- MINCHIN (G.-M.). — A Treatise on Statics. With Applications to Physics. 5th ed. Vol. 1, Equilibrium of Coplanar Forces. In-8°, 416 p. Clarendon Press. 13^l, 15.
- ROUTH (E.-J.). — A Treatise on Analytical Statics. With numerous Examples. 2nd ed. Vol. 1. In-8°, 404 p. Cambridge University Press. 17^l, 50.

2° Physique et Chimie.

- ANDREWS (T.). — Thermo-Electric Reactions and Currents between Metals in Fixed Salts. In-8°, 18 p. Spons. 4^f,25.
- BABBITT (E.-D.). — The Principles of Light and Colour. Including, among other things, the Harmonic Laws of the Universe, etc. 2nd ed. In-8°, 578 p. Paul, Trübner and Co. 26^f,25.
- CLOWES (F.). — Detection and Measurement of Inflammable Gas and Vapour in the Air. With a Chapter on the Detection and Measurement of Petroleum Vapour, by *Beverton Redwood*. In-8°, 214 p. Crosby Lockwood and Son. 6^f,25.
- EMTAGE (W.-T.-A.). — Light. With 231 Illusts. In-8°, 360 p. Longmans. 7^f,50.
- MASSON (O.). — The Classification of the Chemical Elements. In-8°, Macmillan. 4^f,90.
- MUIR (M.-M.-P.). — The Story of the Chemical Elements. In-18, 190 p. G. Newnes. 4^f,25.
- NEWTH (G.-S.). — Chemical Lecture Experiments. Non-Metallic. New and Enlarged ed. In-8°, 352 p. Longmans. 13^f,15.
- NICHOLS (E.-L.) and W.-S. FRANKLIN. — The Elements of Physics. Vol. 1 : Mechanics and Heat. Londres. In-8°, 240 p. 9 fr. (Paraitra en 3 volumes).
- NORRIE (H.-S.). — Ruhmkorff Induction-Coils : Their Construction. In-18, 192 p. Spons. 2^f,50.
- RAMSAY (W.). — The Gases of the Atmosphere : The History of their Discovery. With Portraits. In-8°, 248 p. Macmillan. 7^f,50.
- The Position of Argon and Helium Among the Elements. In-8°, 52 p. Clarendon Press. 4^f,25.
- SUTTON (F.). — A Systematic Handbook of Volumetric Analysis ; or A Quantitative Estimation of Chemical Substances by Measure, Applied to Liquids, Solids and Gases. 7th ed., Enlarged and Improved. In-8°, 600 p. Churchill. 23^f,15.
- THOMPSON (E.-P.) and ANTHONY (W.-A.). — Roentgen Rays and Phenomena of the Anode and Cathode Principles. In-8°, 208 p. Spons. 9^f,40.

3° Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.

- BUFFUM (W.-A.). — The Tears of the Heliades ; or Amber as a Gem. With Illusts. In-8°, xxiv-98 p. Low. 6^f,25.

- GEIKIE (J.).** — *Outlines of Geology : An Introduction to the Science for Junior Students and General Readers.* 3rd ed., Revised. 400 Illusts. In-8°, 436 p. Stanford. 15 fr.
- HEILPRIN (A.).** — *The Earth and its Story : A First Book of Geology.* Illust. In-8°, 267 p. Gay and Bird. 6^f,25.
- MIERS (H.-A.).** — *Individuality in the Mineral Kingdom : An Inaugural Lecture Delivered at the University Museum, Oxford, on May 20, 1896.* In-8°, 26 p. Simpkin. 1^f,25.
- Transactions of the Geological Society of South Africa.** In-8°. Vol. 1, n° 1, 140 p. With Maps ; 7^f,50. Vol. 2. Parts 1 and 2, 32 p. With Maps ; 3^f,75. Paul, Trübner and Co.
- WOODS (H.).** — *Elementary Palæontology : Invertebrate.* 2nd ed. In-8°, 310 p. Cambridge University Press. 7^f,50.
- WOODWARD (C.-J.).** — *Crystallography for Beginners, With an Appendix on the Use of the Blowpipe and the Determination of Common Minerals. After the Method of Dr. Albin Weisbach.* Illust. In-8°, vi-164 p. Simpkin. 5^f,65.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

- CARTER (E.-T.).** — *Motive Power and Gearing for electrical Machinery.* Londres. In-8°, 642 p. 18^f,75.
- CLERK (D.).** — *The Gas and Oil Engine.* 6th ed., Revised and enlarged. In-8°, 570 p. Longmans. 18^f,75.
- DONKIN (B.).** — *A Text-Book on Gas, Oil and Air Engines ; or, Internal Combustion Motors without Boiler.* With 154 Illusts. and Selected Table of Trials. 2nd ed., Revised and Largely Re-written. In-8°, 524 p. C. Griffin. 31^f,25.
- HÆDER (H.).** — *A Handbook on the Steam Engine.* Trans. from the German, with Considerable Additions and Alterations, by *H. H. Powles.* 2nd English ed., revised. In-8°, 462 p. Crosby Lockwood and Son. 11^f,25.
- HUTTON (W.-S.).** — *The Practical Engineer's Handbook. Comprising a Treatise on Modern Engines and Boilers, Marine, Locomotive and Stationary.* With upwards of 370 Illusts. 5th ed. Carefully Revised, with Additions. In-8°, 492 p. Crosby Lockwood and Son. 22^f,50.
- NORRIS (W.).** — *A Practical Treatise on the « Otto » Cycle Gas Engine.* In-8°, 263 p. Longmans. 13^f, 15.
- SEATON (A.-E.).** — *A Manual of Marine Engineering : Comprising the Designing, Construction and Working of Marine Machinery.*

With numerous Tables and Illusts. Reduced from Working Drawings. 13th ed., revised throughout and enlarged. In-8°, 606 p. C. Griffin. 26^f,25.

SENNETT (A.-R.). — Carriages Without Horses Shall Go : Being a Reprint of a Paper on Horseless Road Locomotion Read before Section G. of the British Association, Liverpool, September 23rd, 1896. To which is Added Remarks on the Future of Horseless Road Locomotion, Notes on the New Enactment, the Locomotives ou Highways Acts, 1896, Evolution in Modes of Travel, the Engineer Competition, 1897, the Local Government Board Regulations and other Matter. Illust. In-8°, xvi-131 p. Whittaker. 2^f,50.

TAYLER (A.-J.-W.). — Bearings and Lubrification : A Handbook for Every User of Machinery. Illust. In-8°, viii-208 p. W. Rider and Sons. 4^f,40.

TRAILL (T.-W.). — Boilers : Marine and Land. 3rd ed. With Illusts. In-8°, 600 p. C. Griffin. 15^f,65.

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

BOTTONE (S.-R.). — Electro-Motors : How Made and How Used. A Handbook for Amateurs and Practical Men. With 86 Illusts. 3rd ed., revised and enlarged. In-8°, 176 p. Whittaker. 3^f,75.

— How to Manage the Dynamo : A Handbook for Ship Engineers, Electric Light Engineers and Electro Platers. 2nd ed., revised and enlarged. In-8°, 52 p. Whittaker. 1^f,25.

BRANNT (W.-T.). — The Metallic Alloys : A Practical Guide for the Manufacture of all Kinds of Alloys, Amalgams and Solders Used by Metal Workers. Together with their Chemical Properties and their Application in the Arts and the Industries. With an Appendix on the Colouring of Alloys and the Recovery of Waste Metals. Illust. by 34 Engravings. A new, revised and enlarged ed. In-8°, 556 p. Low. 26^f,25.

CAMPBELL (H.-H.). — The manufacture and Properties of structural Steel. Londres. In-8°, 400 p. avec fig. 30 fr.

CARTER (E.-T.). — Motive Power and Gearing for Electrical Machinery : A Treatise on the Theory and Practice of the Mechanical Equipment of Power Stations for Electrical Supply and for Electric Traction. In-8°, 642 p. Electrician Pubg. Co. 15^f,65.

EISSLER (M.). — Metallurgy of Gold. 4th ed., enlarged. With about

- 250 Illusts. and numerous Folding Plates. In-8°, 70½ p. Crosby Lockwood and Son. 20 fr.
- ESSLER (M.). — A Handbook of Modern Explosives : A Practical Treatise on the Manufacture and Use of Dynamite, Gun-Cotton, Nitro-Glycerine and other Explosive Compounds, including Colloidion-Cotton. With Chapters on Explosives in Practical Application. 2nd ed., Enlarged. With 150 Illusts. In-8°, 426 p. Crosby Lockwood and Son. 15', 65.
- FRITH (G.) and RAWSON (W.). — Coil and Current ; or The Triumphs of Electricity. With Illusts. In-8°, viii-294 p. Ward, Lock and Co. 4', 40.
- HAWKINS (C.-C.) and WALLIS (F.). — The Dynamo : Its Theory, Design and Manufacture. With 190 Illusts. 2nd ed., revised. In-8°, 540 p. Whittaker. 13', 15.
- JACKSON (D.-C.) and JACKSON (J.-P.). — Alternating Currents and Alternating Current Machinery : Being Vol. 2 of the Text-Book on Electro-Magnetism and the Construction of Dynamos. In-8°, 748 p. Macmillan. 17', 50.
- JOHNSON (J.-C.-F.). — Getting Gold : A Practical Treatise for Prospectors, Miners and Students. With Illusts. In-8°, 216 p. C. Griffin. 4', 40.
- JOYCE (S.). — Examples in Electrical Engineering. In-8°, 248 p. Longmans. 6', 25.
- KAPP (C.). — Transformers for Single and Multiphase Currents : A Treatise on their Theory, Construction and Use. Trans. from the German by the Author. With 133 Illusts. In-8°, xii-241 p. Whittaker. 7', 50.
- Manual of Electrical Undertakings, 1896. Compiled Under the Direction of *Emile Garcke*. In-8°, 410 p. P.-S. King and Son. 6', 25.
- ROSE (T.-K.). — The Metallurgy of Gold : Being One of a Series of Treatises on Metallurgy Written by Associates of the Royal School of Mines. Edit. by Professor W.-C. Roberts-Austen. With numerous Illusts. 2nd ed. In-8°, 514 p. C. Griffin and Co. 26', 25.
- SANFORD (P.-G.). — Nitro-Explosives : Properties, Manufacture and Analysis of smokeless Powders, Celluloid, Fulminates and other Nitrated Substances. Londres. In-8°, 282 p. 13', 50.
- WALKER (S.-F.). — Electric Lighting for Marine Engineers ; or, How to Light a Ship by the Electric Light and How to Keep the Apparatus in Order. With 103 Illusts. 2nd ed. In-8°, 314 p. Tower Publishing Co. 6', 25.

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

- BULMAN (H.-F.) and REDMAYNE (R.-A.-S.). — *Colliery Working and Management : Comprising the Duties of a Colliery Manager, the Superintendence and Arrangement of Labour and Wages, and the Different Systems of Working Coal Seams. With Underground Photographs and numerous other Illusts.* In-8°, 346 p. Crosby Lockwood and Son. 18^f, 75.
- HUGHES (H.-W.). — *A Text-Book of Coal Mining. For the Use of Colliery Managers and Others.* 3rd ed. With very numerous Illusts. In-8°, 450 p. C. Griffin. 22^f, 50.
- Parliamentary.* — *Mineral Statistics of the United Kingdom for 1895, with Appendix.* 2^f, 05.
- *Mines. List of Mines Worked in 1895.* 4^f, 10.
- ——— *Reports on the Tylorstown Colliery Explosion by R. Woodfall and J.-T. Robson, H. M. Inspectors of Mines. Plans and Diagrams.* 2 fr.
- ——— *Causes of Death in Colliery Explosions and Underground Fires. Report by J. Haldane, M. D. Coloured Plans and Diagrams.* 2^f, 20.
- ——— *Summaries of Statistics for 1895.* 0^f, 65.
- ——— *Brancepeth Colliery Explosion 13th April, 1896. Report. Plan.* 1^f, 25.
- ——— *Micklefield Colliery Explosion, 30th April, 1896. Report. Plan.* 0^f, 85.
- *Mines and Quarries. Second Annual General Report upon the Mineral Industry of the United Kingdom for the Year 1895.* 4^f, 10.
- *Newfoundland. Report on the Mineral Resources of the Colony. With 5 Coloured Maps.* 1^f, 25.
- PHILLIPS (J.-A.). — *A Treatise on Ore Deposits.* 2nd ed. Re-written and Greatly Enlarged by *Henry Louis.* With numerous Illusts. In-8°, 958 p. Macmillan. 35 fr.
- SKINNER (W.-R.). — *Mining Manual for 1896.* In-8°, 1.404 p. Skinner. 18^f, 75.
- RUSSELL (M.). — *Mount Lyell Mines, Tasmania. With Views and Maps of the Lyell Mines.* In-8°, 184 p. E. Wilson. 26^f, 25.

7° *Construction. — Chemins de fer.*

- GLOVER (J.). — *Formulæ for Railway Crossings and Switches.* In-32, 28 p. Spons. 3^f, 15.

JOHNSTON (F.-R.). — Practical Hints for Light Railways at Home and Abroad. Plates. In-8°. Spons. 3^l,15.

Parliamentary. — Railway Accidents. Returns and Inspectors' Reports for Jan.-March. 0^l,95.

—— Railways. Accidents. Returns and Inspectors' Reports, Jan.-June, 1896. 0^l,75.

—— ——— Continuous Brakes. Returns for July-Dec., 1895. 1^l,25.

—— ——— Continuous Brakes. Return for Jan.-June, 1896. 1^l,25.

—— ——— Returns of the United Kingdom for 1895. 1^l,15.

—— ——— Signal Arrangements. Returns for 1895. 1^l,05.

REYNOLDS (M.). — The Model Locomotive Engineer, Fireman and Engine-Boy. Comprising a Historical Notice of the Pioneer Locomotive Engines and their Inventors. New ed., with Revised Appendix. In-12, 272 p. Crosby Lockwood and Son. 4^l,40.

STRETTON (C.-E.). — The Locomotive Engine and its Development. A Popular Treatise on the Gradual Improvements made in Railway Engines between 1803 and 1896. With Illusts. 5th ed., revised and enlarged. In-8°, 252 p. Crosby Lockwood and Son. 4^l,40.

8° *Objets divers.*

ADAMS (J.-C.). — Scientific Papers. Vol. I. Edit. by W.-G. Adams, and Memoir by J. W. L. Glaisher. In-4°, 556 p. Cambridge University Press. 31^l,25.

SEXTON (A.-H.). — Fuel and Refractory Materials. In-8°, 352 p. Blackie. 6^l,25.

THOMAS (D.-A.). — Some Notes on the Present State of the Coal Trade in the United Kingdom. With Special Reference to that of South Wales and Monmouthshire, together with a Proposal for the Prevention of Undue Competition and for Maintaining Prices at a Remunerative Level. In fol., 85 p. Cardiff, Western News Office. Whittaker. 6^l,25.

WELLS (S.-H.). — A Text-Book of Engineering, Drawing and Design : Including Practical Geometry, Plane and Solid, and Machine and Engine Drawing and Design. With Illusts, Folding Plate and numerous Examples. Specially intended for the Use of Students of Technical School and Colleges. Part 2, Machine and Engine Drawing and Design. 2nd ed. In-8°, 184 p. C. Griffin. 5^l,65.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Bulletin of the United States Geological Survey. — No. 123, A Dictionary of Geographic Positions. — No. 124, Revision of the American Fossil Cockroaches. With Descriptions of New Forms. — No. 125, The Constitution of the Silicates. — No. 126, A Mineralogical Lexicon of Franklin, Hampshire and Hampden Counties, Massachusetts. — No. 128, The Bear River Formation and its Characteristic Fauna. — No. 129, Earthquakes in California in 1894. — No. 131, Report of Progress of the Division of Hydrography for the Calendar Years 1893 and 1894. — No. 132, The Disseminated Lead Ores of South-eastern Missouri. — No. 133, Contributions to the Cretaceous Paleontology of the Pacific Coast. The Fauna of the Knoxville Beds. — No. 134, The Cambrian Rocks of Pennsylvania. — Illust. In-8°. Washington, Government Printing Office.

GEMMELL (G.-H.). — Chemical Notes on Equations, Inorganic and Organic. In-12, 254 p. New-York, W. Wood and Co. 11^f, 90.

MERRIMAN (M.) and WOODWARD (R.). — Higher Mathematics. In-8°, xi-576 p. New-York. 31^f, 25.

WELL (J.-W.). — Fifteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior, 1893-94. Maps. Illust. In-4°, xiv-755 p. Washington, Government Printing Office.

THWELL (R.-P.). — The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade in U.-S. and other Countries. Vol. IV. In-8°, 340 p. New-York, Scientific Publishing Co. 37^f, 50.

OWBRIDGE (J.). — What is Electricity ? In-12, 320 p. New-York, Appleton. 9^f, 40.

ALCOTT (C.-D.). — Sixteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior, 1894-95. In 4 Parts. Part. 1, Director's Report and Papers of a Theoretic Nature. Part. 2, Papers of an Economic Character. Part. 3, Mineral Resources of the United States, 1894 : Metallic Products. Maps, Plans and Illusts. In-4°. Washington, Government Printing Office.

OUVRAGES SUISSES.

- KISSLING (E.). — Die Fauna des Mittel-Oligocäns im Berner-Jura (Ostrakoden von E. Lienenklaus) (Extr. des *Abbandl. d. schweizer. paläont. Gesellschaft*). Zürich. In-4°, 74 p. av. 9 pl. 16 fr.
- DE LORIOI (P.). — Étude sur les mollusques du Rauracien supérieur du Jura bernois. Accompagnée d'une notice stratigraphique par E. Koby. 1^{or} suppl. (Extr. des *Mém. de la Société paléont. suisse*). Genève. In-4°, 51 p. av. 10 pl. 17 fr.
- WYSSLING (W.) und E. BLATTNER. — Beschreibende Notizen über eine Anzahl bemerkenswerte Elektrizitätswerke in der Schweiz. Zürich, Zürcher und Furrer. In-4°, 106 p. av. fig. et 107 pl. 12^{fr}, 50.
-

OUVRAGES ALLEMANDS.

1^o *Mathématiques et Mécanique pures.*

- BENDT (F.). — Katechismus der Differential- und Integralrechnung. Leipzig, I.-I. Weber. In-12, xvi-268 p. av. 39 fig. 3^{fr}, 75. (4342)
- BINDER (W.). — Theorie der unicursalen Plancurven 4. bis 3. Ordnung in synthetischer Behandlung. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, xi-396 p. av. 65 fig. dans le texte et sur 2 pl. 15 fr. (4344)
- BOEHM (K.). — Allgemeine Untersuchungen über die Reduction partieller Differentialgleichungen auf gewöhnliche Differentialgleichungen. Mit einer Anwendung auf die Theorie der Potentialgleichungen. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, iii-58 p. 2^{fr}, 50. (3542)
- DEDOFF (T.). — Untersuchungen über quadratische Formen. Leipzig, B.-G. Teubner. In-4°, 39 p. 3^{fr}, 50. (3549)
- GOEBEL (K.). — Die Zahl und das Unendlichkleine. Leipzig, G. Fock. In-8°, 47 p. 1^{fr}, 50. (3203)
- HOLLENDER (H.-J.). — Ueber eine neue graphische Methode der Zusammensetzung von Kräften und ihre Anwendung zur graphischen Bestimmung von Inhalten, Schwerpunkten, statistis-

- chen Momenten und Trägheitsmomenten ebener Gebilde. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, vi-44 p. av. 4 pl. 3^f,75. (2021)
- LIE (S.). — Geometrie der Berührungstransformationen. Dargestellt von L. und G. Scheffers. I. Bd. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, xi-694 p. av. fig. (Paraftra en 2 vol.). 30 fr. (2026)
- LILIENTHAL (R. v.). — Grundlagen einer Krümmungslehre der Curvenscharen. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, vii-114 p. 6^f,25. (3964)
- MINKOWSKI (H.). — Geometrie der Zahlen. 1. Lfg. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, 240 p. (Paraftra en 2 livraisons). 10 fr. (2033)
- ROHN (K.) und E. PAPPERITZ. — Lehrbuch der darstellenden Geometrie. II. Bd. Leipzig, Veit und Co. In-8°, xvi-528 p. av. fig. 17^f,50. (2167)
- SCHEFFLER (H.). — Das Wesen der Mathematik und der Aufbau der Welterkenntniss auf mathematischer Grundlage. 2 Bde. I. Die Mathematik. II. Das Weltsystem. Brunswick, F. Wagner. In-8°, vi-409 p. et v-462 p. av. 1 et 2 pl. 12^f,50. (3577)
- SCHLEGEL (V.). — Die Grassmann'sche Ausdehnungslehre. Ein Beitrag zur Geschichte der Mathematik in den letzten 50 Jahren. (Extr. de la *Zeitschrift für Mathematik und Physik*). Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, 44 p. 2^f,50. (2040)
- STAHL (H.). — Theorie der Abel'schen Functionen. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, x-354 p. 15 fr. (3978)
- STOLZ (O.). — Grundzüge der Differential und- Integralrechnung. I. u. II. Thl. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, x-460 p. et vii-338 p. av. 4 et 33 fig. Chaque partie 10 fr. (2042)
- STURM (R.). — Die Gebilde I. und 2. Grades der Liniengeometrie in synthetischer Behandlung. III. Thl. Die Strahlencomplexe 2. Grades. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, xxiv-518 p. (Fin). 22^f,50. (3981)
- WEBER (H.). — Lehrbuch der Algebra. II. Bd. Brunswick, F. Vieweg und Sohn. In-8°, xiv-796 p. 25 fr. (3217)

2° Physique et Chimie.

- BENISCHKE (G.). — Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Berlin, J. Springer. In-8°, xiii-272 p. av. 202 fig. 7^f,50. (3413)
- BIECHELE (M.). — Anleitung zur Erkennung, Prüfung und Wertbestimmung der gebräuchlichsten Chemikalien für den technischen, analytischen und pharmaceutischen Gebrauch. Berlin, J. Springer. In-12, vi-548 p. 6^f,25. (3541)

- COHEN (E.). — Studien zur chemischen Dynamik, nach J. H. van't Hoff's *Études de dynamique* bearbeitet. Mit einem Vorwort von J. H. van't Hoff. Amsterdam, F. Müller und Co. In-8°, VII-VI-282 et 8 p. avec 49 fig. dans le texte. 7^f,50. (2010)
- DRUDE (P.). — Zur Theorie stehender elektrischer Drahtwellen. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften*.) Leipzig, S. Hirzel. In-8°, 110 p. av. 1 pl. 6^f,25. (3551)
- EBERT (H.). — Magnetische Kraftfelder. Die Erscheinungen des Magnetismus, Elektromagnetismus und der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. I. Tl. Leipzig, J.-A. Barth. In-8°, XVIII-223 p. av. 93 fig. dans le texte et sur 2 pl. 10 fr. (2447)
- EDER (J.-M.) und E. VALENTA. — Versuche über Photographie mittelst der Röntgen'schen Strahlen. Herausgegeben mit Genehmigung des k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht von der k. k. Lehr- und Versuchs-Anstalt für Photographie- und Reproductions-Verfahren in Wien. Halle, W. Knapp. In-fol., 15 pl. av. 16 p. de texte. 25 fr. (2448)
- — Spectralanalytische Untersuchung des Argons (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften*.) Vienne, C. Gerold's Sohn. In-4°, 39 p. av. 2 fig. et 3 pl. 4^f,25. (3553)
- GALITZIN (B.) and A. v. KARNOJITZEY. — Ueber die Ausgangspunkte und Polarisation der X-Strahlen (Extr. des *Mém. de l'Acad. imp. de Saint-Petersbourg*). Saint-Petersbourg. In-4°, 13 p. av. 14 pl. phototyp. 3^f,75. (3199)
- GUARESCHI (I.). — Einführung in das Studium der Alkaloide, mit besonderer Berücksichtigung der vegetabilischen Alkaloide und der Ptomaine. In deutscher Bearbeitung herausgegeben von H. Kurz-Krause. 1. Hälfte. Berlin, R. Gaertner. In-8°, VII-304 p. 22^f,50. (4364)
- Handbuch der Physik, unter Mitwirkung von F. Auerbach, F. Braun, E. Brodhun u. A. herausgegeben von A. Winkelmann. II. Bd. 2. Abth. Breslau, E. Trewendt. In-8°, VI-887 et LV p. av. 128 fig. 35 fr. (2019)
- JANNASCH (P.). — Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. Leipzig, Veit und Co. In-8°, XII-314 p. av. fig. 8^f,15. (4371)
- MACH (E.). — Die Principien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt. Leipzig, J.-A. Barth. In-8°, VIII-472 p. av. 105 fig. et 6 portraits. 12^f,50. (3967)
- MEYER (P.). — Die Doppelkraft des Lichtes und ihre Metamorphose. Ein monistisch-antimaterialistisches Natursystem. Leipzig, Mutze. In-8°, IV-273 p. 6^f,25. (3569)

- PANESCH (K.-G.). — Röntgen-Strahlen, Skotographie und Od. Nach den neuesten Forschungen leichtfasslich dargestellt. Neuwied, L. Heuser. In-8°, vii-65 p. av. 19 fig. 1^f,90. (3972)
- REIFF (R.). — Theorie molekular-electrischer Vorgänge. Fribourg en Br., J.-C.-B. Mohr. In-8°, ix-493 p. 7^f,50. (3975)
- RIECKE (E.). — Lehrbuch der Experimental-Physik zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. II. Bd. Magnetismus, Elektrizität, Wärme. Leipzig, Veit und Co. In-8°, xii-492 p. av. 247 fig. 12^f,50. (2829)
- VOIGT (W.). — Kompendium der theoretischen Physik. II. Bd. Elektrizität und Magnetismus. Optik. Leipzig, Veit und Co. In-8°, xiv-810 p. 22^f,50. (L'ouvrage complet 40 fr.). (2047)
- VOLLER (A.). — Mittheilungen über einige im physikalischen Staats-Laboratorium ausgeführte Versuche mit Röntgenstrahlen. (Extr. des *Jahrbücher der hamburg. wissensch. Anstalten*.) Hambourg, L. Gräfe und Sillem. In-8°, 17 p. av. 7 pl. phototyp. 3^f,75. (3583)
- WESELY (J.). — Grundzüge der allgemeinen und technischen Physik. Grundlehren der Meteorologie. Repetitorium für den I. und II. Jahreskurs der mechanisch-technischen, bau- und chemisch-technischen Abtheilung an höheren Staats-Gewerbeschulen. Pilsen, W. Steinhauser. In-8°, vii-587 p. av. 518 fig. 9 fr. (2048)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- Abhandlungen der königl. preussischen geologischen Landesanstalt. Neue Folge. 21. Heft. Die floristische Gliederung des deutschen Carbon und Perm. Von H. Potonié. Berlin, S. Schropp. In-8°, ii-58 p. av. 48 fig. 3^f,15. (3182)
- Abhandlungen, palaeontologische. Herausgegeben von W. Dames und E. Kayser. Neue Folge. II. Bd. 6 Heft. Über einige Versteinerungen aus der Kreideformation der karnischen Voralpen. Von K. Futterer. Iéna, G. Fischer. In-4°, x-30 p. av. fig. et 7 pl. (Fin). 15 fr. (2801)
- BAUER (M.). — Edelsteinkunde. Eine allgemein verständliche Darstellung der Eigenschaften, des Vorkommens und der Verwendung der Edelsteine. 8. u. 9. Lief. Leipzig, C.-H. Tauchnitz. In-8°, p. 385-528, av. pl. chromolith., phototyp. et nombreuses fig. dans le texte. Chaque livraison, 3^f,15. (2439)
- — 10. Lfg. Leipzig, C.-H. Tauchnitz. In-8°. (Fin.) (3948)
- BLANCKENHORN (M.). — Entstehung und Geschichte des Todten

- Meeres.** Ein Beitrag zur Geologie Palästinas (Extr. des *Zeitschriften des deutschen Palästina-Vereins*). Leipzig, K. Baedeker. In-8°, 59 p. av. 8 fig. et 4 pl. 3 fr. (2442)
- BRAUNS (R.).** — Chemische Mineralogie. Leipzig, C.-H. Tauchnitz. In-8°, xiv-460 p. av. 32 fig. 10 fr. (4348)
- BREZINA (A.).** — Die Meteoritensammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums am 1. Mai 1895. Mit 2 Anhängen : 1. Berichte des Directors der Sternwarte Zacatecas, José A. y Bonilla, über den Meteoreisenfall von Mazapil. 2. Die Meteoritensammlung der Universität Tübingen. (Extr. des *Annalen d. k. k. naturhist. Hofmuseums*). Vienne, A. Hölder. In-8°, 140 p. av. 40 fig. et 2 pl. 10 fr. (3191)
- FRAAS (E.).** — Die schwäbischen Trias-Saurier, nach dem Material der königl. Naturalien-Sammlung in Stuttgart zusammengestellt. Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 18 p. av. 6 pl. et 10 fig. 15 fr. (4359)
- HALAVATS (G.).** — A magyar országi artézi kutak története (Histoire des sources artésiennes en Hongrie). Budapest, F. Kilian. In-8°, 103 p. 4', 40. (4580)
- KEILHACK (K.).** — Lehrbuch der praktischen Geologie. Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Palaeontologie. Stuttgart, F. Enke. In-8°, xvi-638 p. av. 232 fig. et 2 pl. doubles. 20 fr. (4372)
- KOKEN (E.).** — Die Leitfossilien. Ein Handbuch für den Unterricht und für das Bestimmen von Versteinerungen. Leipzig, C.-H. Tauchnitz. In-8°, iii-848 p. av. environ 900 fig. dans le texte. 17', 50. (4373)
- LAUBE (G.-C.).** — Schildkrötenreste aus der böhmischen Braunkohlenformation. Prague, J.-G. Calve. In-4°, 19 p. av. 4 pl. 5 fr. (2023)
- LIEBISCH (T.).** — Grundriss der physikalischen Krystallographie. Leipzig, Veit und Co. In-8°, viii-506 p. av. 898 fig. 16', 75. (2027)
- LUEDECKE (O.).** — Die Minerale des Harzes. Eine auf fremden und eigenen Beobachtungen beruhende Zusammenstellung der von unserem heimischen Gebirge bekannt gewordenen Minerale und Gesteinarten. Berlin, Gebr. Bornträger. In-8°, xii-643 p. av. 1 Atlas de 27 pl. et 1 carte. 70 fr. (3966)
- MARTINI und CHEMNITZ.** — Systematisches Conchilien-Cabinet. 421. u. 422. Lfg. Nürnberg, Bauer und Raspe. In-4°. Chaque livraison 11', 25. (3566)
- — Systematisches Conchilien-Cabinet. Sect. 139. Nürnberg, Bauer und Raspe. In-4°. 33', 75. (3567)

- MILCH (L.). — Beiträge zur Kenntniss des Verrucano. II. Tl. Leipzig, Veit und Co. In-8°, iv-174 p. 5 fr. (2032)
- MOJSISOVICS v. MOJSVAR (E.). — Beiträge zur Kenntniss der obertriadischen Cephalopoden-Faunen des Himalaya. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften*). Vienne, C. Gerold's Sohn. In-4°, 129 p. avec 8 fig. et 22 planches. 22^f,50. (3211)
- SEDERHOLM (J.-J.). — Ueber einen metamorphosirten præcambrischen Quarzporphyr von Karvia in der Provinz Abo. (Extr. du *Bull. de la Commission géologique de la Finlande*). Helsingfors. In-8°, 16 p. avec 12 fig. 0^f,80. (2041)
- STROMER v. REICHENBACH (E.). — Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika. München, R. Oldenbourg. In-8°, viii-203 p. avec 3 cartes en coul. et plusieurs profils. 9^f,40. (3080)
- TOULA (F.). — Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan und abschliessender Bericht über diese geologischen Arbeiten im Balkan (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften*). Vienne, C. Gerold's Sohn. In-4°, 40 p. avec 1 carte géol. 7 fr. (3216)
- WRANY (A.). — Die Pflege der Mineralogie in Böhmen. Ein Beitrag zur vaterländischen Geschichte der Wissenschaften. 2. Hälfte. II. Tbl. Prague, H. Dominicus. In-8°, p. vii-viii et p. 321-421 (Fin). 3^f,50. (3218)

4° Mécanique appliquée et Machines.

- v. HOYER (E.). — Kurzes Handbuch der Maschinenkunde. 9. Lfg. München, Th. Ackermann. In-8°, p. 769-864, avec fig. 3 fr. (3786)
- LEWICKI (J.-L.). — Bericht über rauchfreie Dampfkessel-Anlagen in Sachsen. Calorimetrische Untersuchungen. Leipzig, A. Felix. In-4°, 206 p. avec 26 fig. et 21 planches. 11^f,25. (2666)

5° Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.

- BALTZ EDLER v. BALZBERG (C.). — Die Siedesalz-Erzeugung von ihren Anfängen bis auf ihren gegenwärtigen Stand, nebst einem Anhang über Seesalinen (Extr. de la *Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen*). Berlin, W. Ernst und Sohn. In-4°, vii-159 p. av. 4 fig. dans le texte et 1 atlas de 10 pl. in-fol. 40 fr. (3779)
- Handbuch der chemischen Technologie Herausgegeben von

- O. Dammer.** III. Bd. Stuttgart, F. Enke. In-8°, x-771 p. avec 288 fig. 26^f,25. (3422)
- Holz (A.).** — Die Schule des Elektrotechnikers. Lehrhefte für die angewandte Elektrizitätslehre. Herausgegeben im Verein mit *H. Wieweger* und *H. Stapelfeld*. 14.—17. Heft. Leipzig, M. Schäfer. In-8°. Chaque fascicule 0^f,80. (3785)
- PAWLEWSKI (B.).** — Podrecznik analizy chemiczno-technicznej. Czesé I. Lemberg. In-8°, 176 p. (Manuel d'analyse chimico-technique). 10 fr. (2462)
- SCHNABEL (C.).** — Handbuch der Metallhüttenkunde. II. Bd. Zink, Cadmium, Quecksilber, Wismuth, Zinn, Antimon, Arsen, Nickel, Kobalt, Platin, Aluminium. Berlin, J. Springer. In-8°, xii-706 p. av. 362 fig. (Fin). 22^f,50. (2675)

6° *Exploitation des mines.*

- BEHRENS.** — Beiträge zur Schlagwetterfrage. Essen, G.-D. Baedeker. In-8°, 115 p. avec fig. et 19 planches. 7^f,50. (3949)
- BILHARZ (O.).** — Die mechanische Aufbereitung von Erzen und mineralischer Kohle in ihrer Anwendung auf typische Vorkommen. I. Bd. Die Aufbereitung der Erze. Leipzig, A. Felix. In-8°, iv-163 p. av. atlas in-fol. de 45 pl. 42^f,50. (4575)
- TECKLENBURG (T.).** — Handbuch der Tiefbohrkunde. V. u. VI. Bd. Leipzig, Baumgärtner. In-8°, xv-213 p. avec 95 fig. et 35 pl.; xiv-237 p. avec portrait, 51 fig., 22 pl. lith. et 4 pl. phototyp. Chaque volume 20 fr. (3070)

7° *Chemins de fer.*

- Eisenbahn-Technik, die, der Gegenwart.** Herausgegeben von *Blum, v. Bories, Barkhausen*. I. Bd. Das Eisenbahn-Maschinenwesen der Gegenwart. I. Abschn. Die Eisenbahn-Betriebsmittel. I. Thl. Die Lokomotiven. Wiesbaden, C.-W. Kreidel. In-8°, xii-368 p. avec 482 fig. et 8 pl. lith. 18^f,25. (3419)
- SCHUSTER v. BONNOTT (R.) und A. WEEBER.** — Die Rechtsurkunden der österreichischen Eisenbahnen. Sammlung der die österreichischen Eisenbahnen betreffenden Specialgesetze, Concessions- und sonstigen Rechtsurkunden. 21. u. 22. Heft. Vienne, A. Hartleben. In-8°, III. Bd., p. 321-576. Chaque fascicule 2^f,80. (2423-3527)

8° *Objets divers.*

- HABENICHT (H.). — Grundris seiner exacten Schöpfungsgeschichte. Vienne, A. Hartleben. In-8°, viii-136 p. avec 7 cartes et 2 illust. dans le texte. 5 fr. (3204)
- WOLLNY (E.). — Die Zersetzung der organischen Stoffe, und die Humusbildungen. Mit Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg, C. Winter. In-8°, x-479 p., av. 52 fig. 20 fr. (4386)

 OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

- ARZELÀ (C.). — Sull' esistenza degli integrali nelle equazioni differenziali ordinarie : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmegiani. In-4°, 12 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna*). (6404)
- CANNIZZO (F.). — Varietà di rotazione nello spazio a cinque dimensioni. Rome, tip. Sallustiana. In-4°, 32 p. (9394)
- CES`RO (E.). — Lezioni di geometria intrinseca. Naples, tip. d. r. accad. d. scienze. In-8° av. fig., 263 p. 8 fr.
- DRAGO (G.). — Dottrina dei caratteri della divisibilità. Turin, Clausen. In-8°, 31 p. 2 fr. (5983)
- LORIA (G.). — Il passato ed il presente delle principali teorie geometriche. Seconda edizione accresciuta ed interamente rifatta. Turin, Clausen. In-8°, xx-346 p. 8 fr. (5472)
- Matematica. Mantoue, tip. G. Mondovi. In-16, 31 p. (Extr. du *Dizionario illustrato di pedagogia*). (9820)
- MARIANTONI (F.). — Nota sulle relazioni che intercedono tra i multi-rapporti di due N — uple di elementi di una forma geometrica di prima specie. Rieti, tip. P. Petrongari. In-8°, 8 p. (7806)
- MASSIMI (P.). — Sui sistemi di linee di una superficie lossodromici rispetto ad un sistema di geodetiche. Rome, tip. G. Balbi. In-4°, 8 p. (9403)
- MODÈ (G.). — Di una proprietà del dodecaedro e dell' icosaedro regolari convessi. Vicence, tip. G. Raschi. In-8°, 10 p. (5018)

- MONETTI (F.).** — Il triangolo sferico e le sue forme trigonometriche da un punto di vista più ampio. Naples, tip. R. Pesole. In-8°, 16 p. (5473)
- PASCAL (E.).** — I determinanti : teoria ed applicazioni con tutte le più recenti ricerche. Milan, U. Hoepli. In-16°, VIII-330 p. (6418)
- PINCHERLE (S.).** — Sulle equazioni differenziali lineari non omogenee e le operazioni funzionali che esse definiscono : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 15 p. (Extr. du *Rendiconto delle sessioni d. r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (6420)
- REPETTO (G.).** — Corrispondenze polari di caratteristiche, a, b, c . Sassari, tip. Dessi. In-8°, 25 p. (8581)
- SCARPIS (U.).** — Primi elementi della teoria dei numeri. Milan, U. Hoepli. In-16, VIII-152 p. (6423)
- SCIOLETTE (G.-B.).** — Equilibrio interno dei sistemi elastici lineari nel piano e nello spazio : esposizione dei metodi delle derivate e degli spostamenti. Rome, tip. F. Cuggiani. In-8°, 89 p. (6884)
- SPELTA (C.).** — Sull'integrazione dei sistemi di equazioni differenziali simultanee di qualunque ordine e grado : nota I, 8 p. ; nota II, 6 p. Gênes, tip. Ciminago. In-4°. (6886)
- VECCHI (S.).** — Lezioni di geometria proiettiva, dettate nell'anno accademico 1895-96. Disp. 1-12. Parme, lit. Bartoli. In-8°, p. 1-94, avec fig. (9412)
- VOLPI (R.) e ZOCCOLI (E.-G.).** — Di un'applicazione della teoria dei gruppi del Cantor al problema gnoseologico : nota. Modène, tip. A. Moneti. In-8°, 15 p. avec fig. (10267)

2° Physique et Chimie.

- ANDREOCCI (A.) e CELSO (U.).** — Relazione dell'analisi chimica dell'acqua acidula di Vasciano presso Todi eseguita nel r. istituto chimico di Roma. Rome, tip. delle Mantellate. In-16, 7 p. (Extr. de la *Rivista d'igiene e sanità pubblica*). (6403)
- ANTONY (U.) e LUCCHESI (A.).** — Sul comportamento del solfuro aurico coi solfuri alcalini : nota (Laboratorio di chimica generale della r. università di Pisa). Livourne, lit. Meucci. In-8°, 6 p. (9019)
- BATTELLI (A.).** — Sul luogo di emanazione dei raggi Röntgen nei tubi a vuoto : ricerche. Pise, tip. Pieraccini. In-8°, 15 p. avec fig. (Extr. du *Nuovo Cimento*). (5006)

- BATTELLI (A.) e GARBASSO (A.). — Sopra un modo di ridurre il tempo di posa delle fotografie eseguite coi raggi di Röntgen: nota. Pise, tip. Pieraccini. In-8°, 4 p. (Extr. du même recueil). (5007)
- Sulla dispersione delle cariche elettrostatiche prodotta dai raggi ultravioletti: nota. Pise, tip. Pieraccini. In-8°, 6 p. (Extr. du même recueil). (6405)
- BERTONI (G.). — Composizione di acque minerali. Livourne, tip. A. Debatte. In-8°, 4 p. (Extr. de l'*Annuario del laboratorio di chimica generale e tecnologia d. r. accad. navale di Livorno*). (9022)
- Sulla natura chimica dell'acqua minerale di S. Pellegrino (fonte Salaroli): relazione analitica. Livourne, tip. A. Debatte. In-8°, 16 p. (9023)
- BORSARI (A.). — Nota sui diagrammi elettrolitici. Bologne, Zanichelli. In-8°, 16 p. (7354)
- BOTTAZZI (A.). — Sui fenomeni luminosi prodotti da correnti alternate di alta frequenza. Naples, tip. M. Priore. In-8°, 38 p. avec planche. (9391)
- CAMILLA (S.). — Sulla intaccabilità dell'alluminio dal punto di vista igienico: ricerche chimiche (Ministero dell'interno: laboratori scientifici della divisione di sanità; sezione chimica). Rome, tip. delle Mantellate. In-8°, 38 p. (Extr. de la *Rivista d'igiene e sanità pubblica*). (10260)
- CAVAZZI (A.). — Sui fosfiti di cromo: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 10 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell'istituto di Bologna*). (6407)
- CIAMICIAN (G.) e SILBER (P.). — Ricerche sugli alcaloidi del melagrano; sulla costituzione della Granatanina e dei suoi derivati: III memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 19 p. avec fig. (Extr. du même recueil). (4644)
- Sulla n-metiltroponina: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 9 p. (Extrait du même recueil). (5011)
- CINTIIS (M. DE). — I raggi Röntgen. Naples, tip. ed. E. Pietrocola. In-16, 47 p. (9816)
- DONATI (L.). — Sul rapporto fra l'attività elettro-dispersiva e l'attività fotografica dei raggi del Röntgen: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 7 p. (Extrait du *Rendiconto delle sessioni d. r. accad. scienze dell'istituto di Bologna*). (6877)
- GALILEI GALILEO. — Le opere. Edizione nazionale sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia. Volume VI. Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, 662 p. avec fig. (6412)

- GIACOMELLI (L.). — Su la determinazione sollecita dell'anidride fosforica nei fosfati e perfosfati. Florence, tip. Minorenni corrigendi. In-8°, 7 p. (Extr. de l'*Orosi*). (5012)
- KELLER (F.). — Sull'intensità orizzontale del magnetismo terrestre nei pressi di Roma, con note che riguardano le condizioni geofisiche delle località esplorate. Rome, tip. Ad. ved. Pateras. In-8°, 11 p. (5935)
- LAMI (P.). — Sul potenziale elettrico ed altre quantità d'uso in elettrostatica. Pistoia, tip. Flori e Biagini. In-8°, 13 p. (5013)
- LONGI (A.) e CAMILLA (S.). — Intorno alla determinazione del manganese nelle soluzioni manganose e permanganiche. Rome, tip. V. Bicchieri. In-8°, 23 p. (10264)
- MURANI (O.). — Sperimenti sui raggi Röntgen. Milan, U. Hoepli. In-4°, 19 p., avec 6 planches. 2 fr. (Extr. des *Memorie d. r. istituto lombardo di scienze e lettere*). (5475)
- NEGRI (G. DE) e SBURLATI (G.). — Sull' olio di legno (Wood-oil). Gênes, tip. Ciminago. In-8°, 8 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali*). (9822)
- PETTINELLI (P.). — Sulla trasparenza per i raggi oscuri delle sostanze diafane costituenti l'occhio. Florence, tip. S. Landi. In-8°, 4 p. (Extr. de la *Rivista scientifico-industriale*). (5477)
- PETTINELLI (P.) e MAROLLI (B.). — Sulla temperatura del massimo di densità delle soluzioni alcoliche. Florence, tip. S. Landi. In-8°, 3 p. (Extr. du même recueil). (5478)
- RIGHI (A.). — Sulla propagazione dell' elettricità nei gas attraversati dai raggi di Röntgen: memoria. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 73 p. av. fig. (Extr. des *Mem. d. r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna*). (9826)
- SESTINI (Q.). — Sulla determinazione della formola dei composti chimici in base ai risultati analitici : osservazioni. Florence, tip. Minori corrigendi. In-8°, 8 p. (Extr. de l'*Orosi*). (7362)
- TORRE (G. DEL). — Trattato di chimica generale. Vol. II. Rome, tip. Failli. In-8°, p. 315-755, avec fig. 3 fr. (7810)
- VENTURA (N.). — Sui raggi X di Röntgen : nota preliminare. Milan, tip. G. Rozza. In-16, 15 p. (Extr. de la revue *L'Elettricità*). (4649)
- VILLARI (E.). — Sui raggi catodici e sui raggi Röntgen : ricerche. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 16 p. avec fig. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell'istituto di Bologna*). (6424)
- VITALI (D.). — Metodo volumetrico per stabilire la purezza dell'allume e del solfato di zinco. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bollettino chimico-farmaceutico*). (6890)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- AMIGHETTI (A.). — Una gemma subalpina : escursioni autunnali e conversazioni sulla geologia applicata al lago d'Iseo. Lovere, tip. L. Filippi. In-8°, xxx-816 p., avec 4 planches. 6 fr. (6873)
- BARATTA (M.). — Il terremoto fiorentino del 18 maggio 1895 : nota preliminare. Rome, tip. dell' Unione cooperativa editrice. In-8°, 4 p. avec fig. (Extr. des *Notizie sui terremoti avvenuti in Italia durante l'anno 1895*). (5460)
- Il microsismografo Vicentini ed i recenti terremoti avvenuti all'estero. Rome, soc. edit. Dante Alighieri. In-16, 14 p. av. fig. (10258)
- BELLARDI (L.). — I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Parte XX (Caecidae, Vermetidae, Siliquariidae, Phoridae, Calyptraeidae, Capulidae, Hipponycidae, Neritidae e Neritopsidae), a cura del dott. F. Sacco. Turin, C. Clausen. In-4°, 65 p. avec 5 planches. (7802)
- BOMBICCI (L.). — Sulla intrusione forzata ascendente di argille fat-tesi simili alle A. scagliose, con breccioline verdi associate nelle fratture verticali dei banchi selenitici presso Bologna : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 5 p. avec 1 plan-che (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell'istituto di Bologna*). (5462)
- CANAVARI (M.). — Rapporto sulle condizioni geologiche del terri-torio del comune di Calci in relazione all'applicazione che si vorrebbe fare in esso della legge forestale 20 giugno 1877. Pise, tip. F. Mariotti. In-8°, 29 p. (6406)
- CAPELLINI (G.). — Caverne e brecce ossifere dei dintorni del golfo di Spezia : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeg-giani. In-4°, 19 p. avec 2 planches. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell'istituto di Bologna*). (9025)
- CORTI (B.). — Ricerche micropaleontologiche sul Villafranchiano della collina di Castenedolo. Brescia, tip. F. Apollonio. In-8°, 13 p. (Extr. des *Commentari dell'ateneo di Brescia*). (10262)
- FUCINI (A.). — Fossili del Lias medio del Monte Calvi presso Cam-piglia Marittima. Pise, tip. Nistri e C. In-8°, 7 p. (Extr. des *Proc. verb. d. soc. toscana di scienze naturali*). (6411)
- GREGORIO (A. DE). — Appunti su talune conchiglie estramarine di Sicilia viventi e fossili, con la spiegazione delle tavole dell'opera di Benoît. Palerme, tip. Virzi. In-8°, 30 p. (Extr. du jour-nal *Il Naturalista siciliano*). (5468)

- GUZZANTI (G.). — Il microsismoscopio Guzzanti. Rome, tip. dell'Unione cooperativa editrice. In-8°, 3 p. avec fig. (Extr. du *Bollett. d. soc. sismologica italiana*). (5469)
- LONGHI (P.). — Della pietra da coti o da mola bellunese e di alcuni suoi fossili (*Schizzodelphis squalodontoides* Capellini n. sp. ecc.): memoria. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 48 p. avec 2 planches. (Extr. des *Atti d. soc. veneto-trentina di scienze naturali*). (7805)
- MELI (R.). — Molluschi fossili recentemente estratti dal giacimento classico del monte Mario presso Roma : nota. Rome, tip. d. r. accad. dei Lincei. In-8°, 13 p. (Extr. du *Bollett. d. soc. geol. italiana*). (5016)
- Sulla esistenza di strati di torba affioranti in mare lungo la spiaggia di Foligno presso Nettuno (provincia di Roma) : nota. Rome, tip. d. r. accad. dei Lincei. In-8°, 24 p. (Extr. du même recueil). (5017)
- PEOLA (P.). — Flora fossile dell'astigiano : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 20 p. avec planche (Extr. de la *Rivista italiana di paleontologia*). (6419)
- PIAZ (G. DAL). — Studi geologici-petrografici intorno ai colli Euganei. I. Padoue, tip. Cooperativa. In-8°, 30 p. (Extr. de la *Rivista di mineralogia e cristallografia*). (8215)
- PORTIS (A.). — Contribuzioni alla storia fisica del bacino di Roma e studi sopra l'estensione da darsi al Pliocene superiore. Vol. II, parte IV-V. Turin, Roux, Frassati e C. In-4°, 513 p. avec 5 planches. 20 fr. (6881)
- PRATO (A. DEL). — Delfinoide fossile del Parmense : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 6 p. (Extr. de la *Rivista italiana di paleontologia*). (6882)
- RAZZORE (A.). — Alcuni scafopodi del pliocene ligure. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 19 p. avec planche (Extr. des *Atti. d. soc. ligustica di scienze naturali e geografiche*). (9410)
- REGÀLIA (E.). — Sulla fauna della Grotta dei Colombi (Is. Palmaria, Spezia) : nota paleontologica. Florence), tip. S. Landi. In-8°, 40 p. av. 3 pl. (Extr. de l'*Archivio per l'antropologia e l'etnologia*). (9824)
- RIVA (C.). — Le rocce paleovulcaniche del gruppo dell'Adamello. Milan, U. Hoepli. In-4°, p. 159-228, avec 4 planches. 3', 15. (Extr. des *Memorie d. istituto lombardo di scienze e lettere*). (5480)
- SANGIORGI (D.). — Il tortoniano dell'alta valle dell'Idice : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 26 p. avec fig. et 1 planche. (Extr. de la *Rivista italiana di paleontologia*). (7360)

- SIMONELLI (V.). — Corso di mineralogia, anno accademico 1895-96. Disp. 1-2 (R. università di Parma). Parme, tip. Bartoli. In-8°, p. 1-14, avec fig. (5482)
- Fossili tortoniani di Castelnovo ne' Monti : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 2 p. (Extr. de la *Rivista italiana di paleontologia*). (8217)
- TACCHINI (P.). — Terremoto di Roma del 1° novembre 1895. Rome, tip. dell' Unione cooperativa editrice. In-8°, 8 p. (7364)
- TRABUCCO (G.). — Sulla posizione ed età delle argille galestrine e scagliose del Flysch e delle serpentine terziarie dell'Appennino settentrionale : memoria preliminare. Florence, tip. M. Ricci. In-4°, 30 p. (7365)
- VICENTINI (G.). — Fenomeni sismici osservati a Padova dal febbraio al settembre 1895 col microsismografo a due componenti : studio. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 63 p. (Extr. des *Atti d. soc. veneto-trentina di scienze naturali*). (8219)
- VINASSA DE REGNY (P.-E.). — A proposito dei tufi glauconitici di Zovencedo : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 2 p. (Extr. de la *Rivista italiana di paleontologia*). (9827)

4° Mécanique appliquée et Machines.

- GARIBALDI (C.). — Saggio di una teoria economica delle macchine. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 34 p. (Extr. du *Giornale d. soc. di letture e conversazioni scientifiche*). (7280)
- GARUFFA (E.). — Meccanica industriale : macchine motrici ed operatrici a fluido. Volume I. Seconda edizione completamente riformata e portata al corrente dei progressi teorici e pratici. Milan, U Hoepli. In-8°, 703 p. avec fig. 16 fr. (6481)
- MASI (F.). — La teoria dei meccanismi. Bologne, Zanichelli. In-8°, 384 p. av. 24 pl. 10 fr. (8285)

5° Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.

- ASCOLI (M.). — Introduzione allo studio delle applicazioni elettriche. Rome, L'Elettricista. In-8°, viii-312 p. 6 fr. (9021)
- BACIGALUPO (L.). — L'acetilene e le sue applicazioni. Gênes, tip. istit. Sordomuti. In-8°, 47 p., av. fig. (9502)
- CAVAZZI (A.) e BARONI (G.). — Potere calorifico di alcuni combustibili solidi, determinato col calorimetro del Mahler e con

- quello del Thompson : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 16 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell'istituto di Bologna*). (9026)
- Four (Nouveau) électrique à double recouvrement de l'énergie thermique pour la production industrielle des carbures et spécialement du carbure de calcium. Rome, tip. Artero. In-8°, 15 p. av. 2 pl. (7923)
- GARELLI (F.). — Sul metodo del Wehrenfennig per analizzare e correggere le acque usate nelle caldaie a vapore (Associazione dei possessori delle caldaie a vapore nelle provincie dell'Emilia e delle Marche, residente in Bologna). Bologne, tip. Azzoguidi. In-8°, 44 p. (8314)
- MARAZZA (E.). — L'industria saponiera, con alcuni cenni sulle industrie della soda e della potassa ; materie prime e fabbricazione in generale : guida pratica. Milan, U. Hoepli. In-16°, VII-410 p. av. fig. (6036)
- PIAZZOLI (E.). — Impianti di illuminazione elettrica : manuala pratico. Terza edizione rifatta, seguita da un' appendice contenente la legislazione italiana relativa agli impianti elettrici. Milan, U. Hoepli. In-16, xxxi-538 p. av. fig. (9906)
- POLLACCI E.). — Fosfato neutro e fosfato acido di calcio studiati principalmente dal punto di vista agronomico, lettura fatta al r. istituto lombardo. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 15 p. (Extr. du journal *Selmi*). (6041)
- RADDI (A.). — La fabbricazione del carburo di calcio e la spesa d'impianto relativa per una fabbrica in Toscana. Florence, tip. G. Campolmi. In-8°, 23 p. (Extr. du *Commercio toscano*.) (4717)
- SESTINI (F.). — Chimica agraria : nutrizione delle piante. Pise, tip. ed. F. Mariotti. In-8°, 247 p. av. fig. (9909)
- ZAGO FERRUCCIO. — Le scorie fosfatiche Thomas e il loro impiego come concime. Rovigo, tip. Vianello. In-16, 11 p. (7513)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

- MARTINI (C.). — Una gita alle cave di ardesia in Cogorno. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 10 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali e geografiche*.) (9402)
- Rivista del servizio minerario nel 1895 (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell'agricoltura). Rome, tip. G. Bertero. In-8°, LXXXVIII-323 p. 2^f, 50. (8696)

TRAVAGLIA (R.). — Per l'industria solfifera. Palermo, tip. del Giornale di Sicilia. In-8°, 19 p. (Extr. du *Giornale di Sicilia*). (5607)

7° Construction. — Chemins de fer.

BIADEGO (G.-B.). — Di alcuni casi singolari e di alcune questioni relative all'impiego dell'acciaio dolce nelle costruzioni: esperienze e studi. Milan, tip. degli Operai. In-4°, 12 p. (Extr. du journal *L'Industria*). (4702)

CHIAFFARINO (V.). — Studio sulle locomotive per linee a forti pendenze. Gênes, tip. fr. Armanino. In-4°, 13 p. av. 3 pl. (8646)

Costruttore (Il): trattato pratico delle costruzioni civili, industriali e pubbliche, delle arti ed industrie attinenti, disposto alfabeticamente, ad uso dell'ingegnere civile ed industriale, dell'architetto, dell'agronomo, dei capimastri, imprenditori, industriali, ecc. Opera illustrata da oltre 4000 incisioni. Milan, F. Vallardi. In-4°, av. fig. Disp. 149-152, p. 545-656, av. 1 planche. (5989-6479)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie: norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4° av. fig., Disp. 117, p. 185-216, av. 4 pl.; Disp. 118-121, p. 1-52 av. 26 pl.; Disp. 122-123, 94 p., av. 4 pl. 2 fr. la livraison. (5552-6962-10305)

Costruzioni metalliche in ferro ed acciaio: raccolta delle disposizioni legislative, norme e prescrizioni vigenti nei diversi paesi relativamente alla loro esecuzione e conservazione, per cura di G.-B. Biadego. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, VIII-275-DXXVIII p. av. fig. (4679)

GUIDI (C.). — Lezioni sulla scienza delle costruzioni. Parte I-III (Nozioni di statica grafica; Teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali; Elementi delle costruzioni, statistica delle costruzioni civili). Seconda edizione. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8° av. fig. 3 vol. 120-281-98 p. (5074)

LEONI (B.). — Lavori in terra. Milan, U. Hoepli. In-16, XI-305 p. av. fig. (4682)

PANZARASA (A.). — Tramvie elettriche a conduttura aerea o tramvie elettriche con accumulatori? Rome, tip. G. Civelli. In-4°, 13 p. (Extr. du *Giornale dei lavori pubblici e delle strade ferrate*). (5075)

RADDI (A.). — Risultati sperimentali sulla resistenza di alcuni materiali da costruzione allo schiacciamento. Florence, tip.

- G. Carnesecchi e figli. In-8°, 15 p. 3 fr. (Ext. des *Atti del collegio degli architetti ed ingegneri in Firenze*). (4683)
- SODANO (L.). — Consolidamento dei terreni franosi attraversati da strade ordinarie e ferrate. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 122 p. av. fig. et 6 pl. (5078)
- TESSITORE (S.). — Ferrovia economica Napoli-Piedimonte d'Alife: memoria contenente gli studi per la trazione elettrica. Naples, tip. gazzetta *Diritto e Giurisprudenza*. In-4°, 80 p. (9480)

8° *Législation. — Économie sociale.*

- Dettagli sulle condizioni dei conduttori di locomotive: appendice n° 7 al memoriale, Sulle condizioni dei ferrovieri (Lega ferrovieri italiani). Empoli, tip. Traversari. In-4°, 13 p. (9769)
- Giornata (La) di lavoro dei macchinisti e fuochisti delle grandi reti ferroviarie italiane (Società di M. S. e miglioramento fra i conduttori di locomotive). Empoli, tip. Traversari. In-4°, 8 p. (9773)

9° *Objets divers.*

- BOCCARDO (E.-C.) e BAGGI (V.). — Trattato elementare completo di geometria pratica. Disp. 43-44. Parte II (Topografia). Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, p. 161-224, av. 8 planches. 1^f,60 la livraison. (4642-8574)
- BONINO (A.). — La fonderia nella sua modellatura, formatura e lavorazione: opera scritta espressamente per gl'ingegneri, capitecnici e per gli operai degli stabilimenti meccanici, utilissima ai docenti ed allievi delle scuole industriali. Gênes, tip. fr. Pagano. In-8°, 60 p., av. 58 pl. 6 fr. (8673)
- CRUGNOLA (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese e tedesca, compresi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 66-68, p. 177-320. Turin, A.-F. Negro. In-8°. (5990-7433-8408)
- GIBELLI (G.). — La terra. Parte III (Nuova ipotesi sulla causa che produce il moto degli astri). Milan, tip. d. soc. edit. Sonzogno. In-16, 20 p. 0^f,75. (6413)
- LANDI (D.). — Disegno di proiezioni ortogonali. Milan, U. Hoepli. In-16, 152 p. av. fig. (4646)

- MARIA (V. DE). — Studio su i torrenti : mezzi da impiegarsi per regolarli ed estinguerli. Disp. 5-13 (Fin). Naples, tip. Pontieri. In-8°, p. 65-207. (9879)
- Notizie sulle condizioni industriali della provincia di Trapani (Ministero di agricoltura, industria e commercio: direzione generale della statistica). Rome, tip. Nazionale di G. Bertero. In-8°, 73 p. (Extr. des *Annali di statistica*). (9905)
- SEVERA (V.). — Genesi della materia : teoria. Arezzo, tip. coop. Operaio. In-16, 18 p. (7807)
- WEBBER (E.). — Dizionario tecnico in quattro lingue. I. Italiano, tedesco, francese, inglese. Milan, U. Hoepli. In-16, xiv-351 p. (8651)
-

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des Mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1896, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — ROYAL SOCIETY OF LONDON. *Londres.*
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — SOCIETA TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — L'Industria. Rivista tecnica ed economica illustrata. *Milan.*
10. — SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOC. D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — The Colliery Guardian and Journal of the Coal and Iron Trades. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOG. GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Brunswick.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITECTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*

28. — **Berg-und Hüttenmännische Zeitung.** *Leipzig.*
29. — **SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE.**
30. — **SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.**
31. — **Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere. Architetto civile ed industriale.** *Milan.*
32. — **Zeitschrift des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.** *Berlin.*
33. — **SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.** *Paris.*
34. — **BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE.** *Paris.*
35. — **BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY.** *Boston.*
36. — **SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE NORMANDIE.** *Caen.*
37. — **COMITÉ GÉOLOGIQUE DE LA RUSSIE.** *St-Petersbourg.*
38. — **Bulletin of the GEOLOGICAL INSTITUTION OF THE UNIVERSITY OF UPSALA.** *Upsal.*
39. — **KÖNIGLICHE UNGARISCHE GEOLOGISCHE ANSTALT.** *Buda-Pesth.*
40. — **The Journal of the IRON AND STEEL INSTITUTE.** *Londres.*
41. — **The Engineering and Mining Journal.** *New-York.*
42. — **NORTH OF ENGLAN INSTITUTE OF MINING AND MECHANICAL ENGINEERS.** *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — **LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER.**
44. — **Berg-und. Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. BERGAKADEMIEN ZU LEOBEN UND PRZIBRAM und der KÖN. UNGAR. BERGAKADEMIE ZU SCHEMNITZ.** *Vienne.*
45. — **Oesterr. Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen.** *Vienne.*
46. — **Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.** *Liège.*
47. — **AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS.** *Easton (Pensylvanie).*
48. — **REALE ACCADEMIA DEI LINGEI.** *Rome.*
49. — **AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.** *New-York.*
50. — **ACADEMY OF NATURAL SCIENCES OF PHILADELPHIA.**
51. — **COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPANA.** *Madrid.*
52. — **Mémorial de l'Artillerie de la Marine.** *Paris.*
53. — **MIDLAND INSTITUTE OF MINING, CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERS.** *Barnsley (Yorkshire).*
54. — **L'Électricien, revue générale d'électricité.** *Paris.*
55. — **Giornale del Genio civile.** *Rome.*
56. — **Le Génie civil.** *Paris.*
57. — **Revista minera y metalurgica.** *Madrid.*
58. — **Annales de la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE.** *Liège.*
59. — **UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY.** *Washington.*
60. — **INSTITUT ROYAL GÉOLOGIQUE DE SUÈDE.** *Stockholm.*
61. — **CANADIAN INSTITUTE.** *Toronto.*
62. — **Revue de la législation des mines.** *Paris.*

63. — SECTION DES TRAVAUX GÉOLOGIQUES DU PORTUGAL. *Lisbonne.*
 64. — SECOND GEOLOGICAL SURVEY OF PENNSYLVANIA. *Philadelphie.*
 65. — K. K. NATURHISTORISCHER HOFMUSEUM. *Vienne.*
 66. — COLLEGE OF SCIENCE, Imperial University, Japon. *Tokyo.*
 67. — KAIS. LEOPOLDINISCH-CAROLINISCHE DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER. *Halle-sur-Saale.*
 68. — Annales de la FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE.
 69. — NEW-YORK AKADEMY OF SCIENCES. *New-York.*
 70. — INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. *Londres.*
 71. — DEPARTMENT OF MINES OF VICTORIA. *Melbourne.*
 72. — DEPARTMENT OF MINES OF NEW SOUTH WALES. *Sydney.*
 73. — Revue générale des sciences pures et appliquées. *Paris.*
 74. — The SHOOl OF MINES Quarterly. *New-York.*
 75. — GEOLOGICAL AND NATURAL HISTORY SURVEY OF CANADA. *Ottawa.*
 76. — La Réforme sociale. *Paris.*
 77. — SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. *Paris.*
 78. — Bulletin of the GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. *Rochester (N.-Y.).*
 79. — COMMISSION INTERNATIONALE DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER. *Bruxelles.*
 80. — ASSOCIATION AMICALE DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES. *Paris.*
 81. — Zeitschrift für praktische Geologie. *Berlin.*
 82. — The Journal of Geology, UNIVERSITY OF CHICAGO.
 83. — Bulletin of the Department of Geology, UNIVERSITY OF CALIFORNIA. *Berkeley.*
 84. — Bulletin de l'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS-ÉLECTRICIENS SORTIS de l'Institut électro-technique Montefiore. *Liège.*
 85. — SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE. *Bruxelles.*
 86. — La Revue Technique. *Paris.*
 87. — AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY. *New-York.*
 88. — Journal of the SOCIETY OF CHEMICAL INDUSTRY. *Londres.*
 89. — Bulletin technologique de la SOCIÉTÉ DES ANCIENS ÉLÈVES DES ÉCOLES NATIONALES D'ARTS ET MÉTIERS. *Paris.*
-

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DIXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Applications géologiques de la spéléologie. — Origine et rôle des cavernes ; leurs variations climatériques ; leurs rapports avec les filons ; par M. E.-A. Martel	5
Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. — Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates ; par M. Adolphe Carnot.	137

EXPLOITATION DES MINES. — GÎTES MINÉRAUX.

Commission du grisou. — Accidents survenus par suite d'explosion tardive de cartouches de grisounite.	
I. — Rapport présenté à la Commission ; par M. Sarrau.	126
II. — Avis de la Commission du grisou.	131
Note sur les dégagements instantanés de grisou ; par M. Frédéric Delafond.	633

MÉCANIQUE. — MACHINES.

Pompes sans piston à transmission pneumatique ; par M. de Montrichard.	101
Sur un mode particulier d'avaries le long des rivures de chaudières ; par M. C. Walckenaer.	367

TABLE DES MATIÈRES

725

Pages.

Régulateurs. Organes de réglage et volants des machines.	
— Théorie de la corrélation de ces appareils entre eux; par M. <i>Georges Marié</i>	391
— <i>Suite et fin</i>	497
Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1895.	632

CHEMINS DE FER.

Théorie de la stabilité des locomotives (Seconde partie); par M. <i>J. Nadal</i> (*)	232
— <i>Suite et fin</i>	291

OBJETS DIVERS.

Discours prononcé à l'occasion de la mort de M. Amé-Henry Resal, inspecteur général des mines, membre de l'Académie des Sciences; par M. <i>Maurice Lévy</i>.	625
--	-----

BULLETIN.

Statistique de l'industrie minérale de l'Espagne en 1894.....	133
Statistique de l'industrie minérale, et métallurgique de l'Autriche en 1894	135
Production du pétrole et de l'ozokérite en Galicie pendant l'année 1894	136
Statistique du zinc et du plomb en Europe pour l'année 1894.....	289
Statistique de l'industrie minérale des États-Unis en 1894 et en 1895	387
Statistique de l'industrie minérale du Canada en 1895	389
Statistique de l'industrie minérale de la Norvège pour les années 1891, 1892 et 1893.....	390
Statistique de l'industrie minérale de la Hongrie en 1894 et en 1895.	495
La Collection des gîtes minéraux et métallifères à l'École supérieure des Mines; par M. <i>L. de Launay</i>	570
Statistique de l'industrie minérale de la Bavière en 1895.....	621
Production minérale et métallurgique des Iles-Britanniques pendant l'année 1895.....	621

(*) Pour la première partie du travail, voir le tome IX, p. 413.

	Pages.
Actes de courage et de dévouement : accidents arrivés dans les mines et carrières	670
Statistique de l'industrie minérale de la Belgique en 1895.....	672

BIBLIOGRAPHIE.

Deuxième semestre de 1896.

Ouvrages français	679
Ouvrages anglais.....	695
Ouvrages américains	702
Ouvrages suisses	703
Ouvrages allemands	703
Ouvrages italiens... ..	710

Liste des échanges autorisés entre les <i>Annales des Mines</i> et les publications françaises et étrangères	721
--	-----

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DIXIÈME.

Pl. I à III. — Applications géologiques de la spéléologie.

Pl. IV à VI. — Théorie de la stabilité des locomotives.

Pl. VII à X. — Régulateurs : théorie de la corrélation entre les organes de réglage et les volants des machines.

Pl. XI et XII. — Accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1895.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Arrêté ministériel, du 1^{er} octobre 1896, modifiant le programme des connaissances exigées pour l'admission à l'École des mines de Saint-Étienne.

Le ministre des travaux publics,

Vu le décret du 18 juillet 1890 (*), relatif à l'école des mines de Saint-Étienne ;

Vu l'arrêté du 13 juin 1895, complété par celui du 12 septembre 1895(**) ;

Vu les délibérations du conseil de perfectionnement et du conseil d'administration de l'école, en date des 16 mai et 1^{er} août 1896 ;

Sur la proposition du directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

Le programme des connaissances exigées pour l'admission à l'école des mines de Saint-Étienne est modifié comme suit :

I. — ARITHMÉTIQUE.

Notions préliminaires.

Numération décimale, parlée ou écrite.

Addition et soustraction des nombres entiers. — Preuve. — Soustraction d'une différence.

Multiplication des nombres entiers. — Nombre des chiffres du produit. Multiplication des sommes et des différences. Théorèmes sur la multiplication.

Division des nombres entiers. — Nombre des chiffres du quotient. Preuve de la division. Théorèmes sur la division.

Conditions de divisibilité. — Théorèmes généraux. Conditions de

(*) Volume de 1890, p. 280.

(**) Volume de 1895, p. 313 et 411.

divisibilité par 2, 4 et 8, 5 et 25, 3 et 9, 11. Preuves de la multiplication et de la division par 9 et 11.

Diviseurs communs des nombres entiers. — Plus grand commun diviseur de deux nombres entiers ; sa recherche ; limite du nombre des opérations. Recherche du plus grand commun diviseur de plus de deux nombres entiers.

Nombres premiers. — Formation de leur table. Décomposition d'un nombre entier en facteurs premiers. Condition de divisibilité d'un nombre entier par un autre. Composition du plus grand commun diviseur de plusieurs nombres entiers. Diviseurs d'un nombre entier ; leur formation, leur nombre. Multiples communs à plusieurs nombres entiers ; recherche du plus petit d'entre eux.

Fractions ordinaires. — Théorèmes généraux. Simplification d'une fraction. Réduction de plusieurs fractions au même dénominateur, au plus petit dénominateur commun. Addition et soustraction. Multiplication et division. Nombres fractionnaires.

Fractions décimales. — Transformation en fractions ordinaires. Addition et soustraction. Multiplication et division. Réduction des fractions ordinaires en fractions décimales. Fractions décimales périodiques simples et mixtes. Recherche de la fraction ordinaire génératrice d'une fraction décimale périodique simple ou mixte.

Système métrique. — Mesures de longueur, de superficie, de capacité, de poids ; monnaies. Calcul des mesures métriques. Comparaison des anciennes mesures avec les nouvelles. Notions sommaires sur les mesures étrangères. Division de la circonférence du cercle.

Carrés et racines carrées des nombres entiers. — Théorèmes généraux. Racine carrée d'un nombre entier à une unité près.

Cubes et racines cubiques des nombres entiers. — Théorèmes généraux. Racine cubique d'un nombre entier à une unité près.

Nombres incommensurables. — Addition, soustraction, multiplication, division, carrés et cubes, racines carrées et cubiques. Carré et racine carrée, cube et racine cubique d'une fraction ordinaire, d'une fraction décimale.

Rapports et proportions. — Rapport de deux grandeurs, direct, inverse ou réciproque ; rapport de deux nombres. Proportions ; théorèmes divers. Grandeurs proportionnelles, directement, inversement. Règles de trois simple et composée. Méthode de réduction à l'unité. Règles d'intérêt simple et composée. Rentes perpétuelles. Annuités. Règles d'escompte en dehors, en dedans. Règle de partage proportionnel. Règle de société. Problèmes de mélange et d'alliage.

Approximations numériques. — Erreur absolue, erreur relative commise sur un nombre approché. Erreur absolue et relative d'une somme, d'une différence, d'un produit, d'un quotient. Prendre un nombre à $\frac{1}{10^n}$ de sa valeur. Extraction de la racine carrée ou cubique d'un nombre entier à $\frac{1}{n}$ près, d'un nombre quelconque à $\frac{1}{10^n}$ près.

II. — ALGÈBRE.

Définition de l'algèbre. — Signes et formules algébriques.

Addition et soustraction.

Multiplication des monômes et des polynômes. — Règles des signes. Produit des polynômes ordonnés par rapport à une lettre.

Division des monômes et des polynômes. — Division des polynômes pouvant ou ne pouvant pas s'effectuer exactement. Division des polynômes ordonnés par rapport aux puissances croissantes ou décroissantes d'une lettre. Différences et analogies entre la division arithmétique et la division des polynômes. Divisibilité d'un polynôme par $x - a$.

Notions sur les déterminants. — Échange de deux lignes ou de deux colonnes parallèles. Développements suivant les éléments d'une ligne ou d'une colonne.

Principes généraux relatifs aux équations. — Théorèmes divers. Méthode de résolution par substitution.

Equations du premier degré. — Equations à une inconnue. Equations s'y ramenant. Equations à deux inconnues. Equations à n inconnues. Résolution; discussion, application des déterminants. Impossibilité. Indétermination. Problèmes du premier degré. Interprétation des solutions négatives. Usage des nombres négatifs.

Equations du second degré. — Equations à une inconnue. Résolution. Racines réelles, égales, imaginaires. Cas de $a = 0$. Résolution dans le cas de a très petit. Relations entre les coefficients et les racines. Décomposition du trinôme $ax^2 + bx + c$ en deux facteurs du premier degré. Equations se ramenant au second degré. Transformation des expressions de la forme $\sqrt{a} + \sqrt{b}$. Quelques exemples d'équations de degré supérieur au second. Problèmes du second degré.

Inégalités. — Principes généraux. Inégalités du premier degré à une inconnue. Inégalités du second degré à une inconnue. Inégalités simultanées.

Théorie élémentaire des maxima et des minima. — Calcul des valeurs arithmétiques des radicaux. Simplification d'un radical, puissance, racine. Réductions de plusieurs radicaux au même indice. Produit, quotient de deux radicaux. Exposants fractionnaires. Exposants négatifs. Exposants incommensurables.

Étude de la valeur arithmétique de a^x , a étant positif.

Progressions par différence et par quotient. — Valeur d'un terme de rang quelconque. Insertion des moyens. Somme des termes. Produit des termes d'une progression par quotient. Progression par quotient décroissant à l'infini. Limite de la somme de ses termes.

Théorie arithmétique des logarithmes. — Logarithmes quelconques, logarithmes à base 10. Propriétés des logarithmes. Disposition et usage des tables. Compléments arithmétiques.

Des différents systèmes de logarithmes. — Passage d'un système à un autre. Module.

Règle à calcul. — Son usage pour la multiplication et la division.

Notions sur les séries. — Convergence, divergence, nombre e .

Combinaisons. — Arrangements, permutations, produits différents.

Binôme de Newton. — Puissances entières d'un binôme, d'un trinôme. Applications diverses.

Théorie algébrique des logarithmes. — Définition. Propriétés des logarithmes. Identité des logarithmes algébriques et arithmétiques. Logarithmes népériens et logarithmes vulgaires. Logarithmes négatifs et à caractéristique négative. Résolution des équations exponentielles. Extension de la règle d'intérêt composé.

Notions sur les infiniment petits. Valeur principale d'un infiniment petit.

Définition et calcul de la dérivée et de la différentielle d'une fonction d'une seule variable indépendante.

Dérivées et différentielles des fonctions simples, algébriques ou transcendantes, des fonctions de fonctions, des fonctions composées, implicites et inverses. Relation entre le signe de la dérivée et le sens de la variation de la fonction. Retour de la dérivée à la fonction primitive dans les cas les plus simples.

Notions sommaires sur la théorie générale des équations. — Nombre des racines d'une équation, étant admis que toute équation algébrique a au moins une racine réelle ou imaginaire. Théorème de Descartes. Relations entre les coefficients et les racines d'une équation. Théorème de Rolle. Racines égales. Séparation des racines d'une équation. Méthode d'approximation de Newton.

III. — GÉOMÉTRIE.

Géométrie plane.

Lignes droites et angles. — Propriétés des triangles, des perpendiculaires et des obliques. Théorie des parallèles. Somme des angles d'un triangle et d'un polygone. Propriétés du parallélogramme.

Translation d'une ligne plane de forme invariable dans son plan.

Cercle. — Propriété des arcs, des cordes et des tangentes. Trois points déterminent un cercle. Positions relatives de deux cercles.

Mouvement de rotation d'une figure plane invariable autour d'un point de son plan. -- Tout déplacement d'une ligne plane invariable dans son plan peut être produit par une rotation autour d'un point du plan.

Mesure des angles. — Lieu des points d'où l'on voit une longueur sous un angle donné. Quadrilatère inscrit.

Construction des angles et des triangles. — Tracé des parallèles et des perpendiculaires.

Problèmes relatifs aux tangentes. — Cercles inscrits et exinscrits au triangle.

Lignes proportionnelles. — Segments interceptés par les bissectrices d'un triangle. Droites antiparallèles. Segments interceptés par un cercle sur deux sécantes.

Similitude des polygones. — Propriétés fondamentales de deux figures homothétiques. Centre d'homothétie.

Relations métriques entre les différentes parties d'un triangle. — Problèmes relatifs aux lignes proportionnelles. Division en moyenne et extrême raison. Construction des racines de l'équation du second degré.

Polygones réguliers. — Inscription de l'hexagone, du décagone et du pentagone convexes.

Mesures de la circonférence. — Calcul de π par la méthode des périmètres et celle des isopérimètres.

Aire des polygones. — Comparaison des aires. Aire du cercle. Problèmes sur les aires.

Courbes usuelles. Ellipse, hyperbole et parabole; définition par les foyers; tracé. Points extérieurs et intérieurs à la courbe. Propriétés de la tangente. Tracé de la tangente par un point donné.

Géométrie dans l'espace.

Propriétés du plan. — Droites et plans parallèles ou perpendiculaires.

Projection d'une droite. — Angle d'une droite et d'un plan. Distance de deux droites.

Angles dièdres. — Plans perpendiculaires.

Angles polyèdres. — Cas d'égalité des trièdres. Trièdre supplémentaire.

Polyèdres. — Aire latérale et volume du prisme, de la pyramide, des troncs de prisme ou de pyramide; cubage d'un tas de pierres.

Symétrie. — Relations entre deux polyèdres symétriques.

Polyèdres semblables. — Rapport des aires et des volumes. Homothétie de deux polyèdres.

Cylindre et cône de révolution. — Aire latérale; volume.

Sphère. — Plan tangent. Position relative de deux sphères : quatre points déterminent une sphère.

Figures tracées sur la sphère. — Plus court chemin entre deux points; sections planes. Grands cercles. Petits cercles. Pôle d'un cercle. Propriétés des triangles sphériques. Grand cercle tangent à deux petits cercles. Aire et volume de la sphère. Volume du segment sphérique. Aire d'une zone.

IV. — TRIGONOMÉTRIE.

Éléments de la théorie des fonctions circulaires. — Arcs de cercle. Arcs complémentaires. Arcs supplémentaires. Sinus. Tangente. Sécante. Cosinus. Cotangente. Cosécante. Réduction des arcs au premier qua-

drant. Expressions des arcs correspondant à une ligne trigonométrique donnée. Relations entre les lignes trigonométriques d'un même arc.

Formules relatives à l'addition algébrique des arcs. — Formules importantes déduites des précédentes. Applications diverses.

Formules relatives à la multiplication des arcs et à leur division. — Sinus et cosinus de certains arcs.

Construction des tables de fonctions circulaires. Théorèmes préliminaires. Division de la circonférence. Construction d'une table de sinus et de cosinus. Formules de Simpson.

Tables de logarithmes des fonctions circulaires. — Disposition et usage de ces tables.

Expressions calculables par logarithmes. — Procédés pour rendre telle une expression donnée. Résolution de l'équation du second degré par les tables de logarithmes. Résolution des équations trigonométriques.

Trigonométrie rectiligne. — Son but. Mesure des angles. Relation entre les angles et les côtés d'un triangle rectiligne.

Résolution des triangles rectangles. Résolution des triangles quelconques. Surface du triangle, rayon des cercles inscrits et circonscrits. Exemples de résolution dans des cas particuliers. Usage des fonctions circulaires dans la géométrie.

Opérations sur le terrain. — Distance d'un point à un autre inaccessible. Hauteur d'un point au-dessus de l'horizon. Distance de deux points inaccessibles.

V. — GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE.

Préliminaires. — Équations et formules. Théorèmes de l'homogénéité. Construction des expressions algébriques. Mise en équation d'un problème de géométrie. Théorie des projections.

Géométrie à deux dimensions. — Théorie des coordonnées. Détermination d'un point sur un plan. Coordonnées rectilignes. Représentations des lieux géométriques par des équations. Transformation des coordonnées rectilignes.

Des équations du premier degré à deux variables. — Leur construction. Cas particuliers. Problèmes sur la ligne droite.

Du cercle. — Équations et propriétés générales du cercle.

Des tangentes, des normales et des asymptotes. — Coefficient d'inclinaison de la tangente. Problèmes sur les tangentes et les normales. Recherche des asymptotes.

Des équations du second degré à deux variables. — Leur construction. Division en trois genres des courbes qu'elles représentent. Cas particuliers. Du centre, des diamètres et des axes dans les courbes du second degré. Polaire d'un point.

Réduction de l'équation du second degré à sa forme la plus simple par le changement des coordonnées.

De l'ellipse rapportée à son centre et à ses axes. — Foyers, excentricité, directrices, tangente, normale, diamètres, cordes supplémentaires, diamètres conjugués, leurs propriétés. Construction de l'ellipse par ses axes, ses foyers, par deux diamètres conjugués. Aire de l'ellipse.

De l'hyperbole. — Longueur d'un diamètre ne rencontrant pas la courbe. Asymptotes. Sécantes. Équation de l'hyperbole rapportée à ses asymptotes.

De la parabole. — Parabole considérée comme limite d'une ellipse. Sous-tangente, sous-normale. Aire du segment parabolique.

Des sections coniques et cylindriques. Études des sections planes du cône et du cylindre à base circulaire. Section antiparallèle du cône et du cylindre oblique à base circulaire.

Des coordonnées polaires. — Passage des coordonnées rectilignes rectangulaires aux coordonnées polaires et réciproques. Équations polaires de la ligne droite et du cercle.

Équation des trois courbes du second degré en coordonnées polaires.

Des courbes en général. — Étude de quelques courbes algébriques et transcendentes, en coordonnées rectilignes ou coordonnées polaires. Tangentes. Asymptotes. Construction des racines réelles d'une équation quelconque à une inconnue.

GÉOMÉTRIE A TROIS DIMENSIONS.

Des coordonnées rectilignes. — Représentation d'un point. Équations des lignes et des surfaces.

De la ligne droite et du plan. — Équation de la ligne droite. Équation du plan. Intersection de deux droites, de deux plans, d'une droite et d'un plan. Distance de deux points.

Distance d'un point à un plan et équations de la perpendiculaire à un plan. Plan perpendiculaire à une droite; droite perpendiculaire à une droite; angles de deux droites, de deux plans, d'une droite et d'un plan (on fera exclusivement usage des coordonnées rectangulaires pour toutes les questions de distances et d'angles).

De la sphère en coordonnées rectangulaires.

Notions sommaires sur les surfaces de deuxième ordre (*). — Théorie du centre. Discussion des équations du centre et division des surfaces du deuxième ordre en différentes classes.

Directions asymptotiques et cône asymptote. Plans diamétraux et diamètres. Discussion de la forme des surfaces de chaque classe. Plans principaux (coordonnées rectangulaires).

Génératrices rectilignes. Sections circulaires. Plan tangent et normale en un point.

(*) Cette partie du programme ne pourra faire l'objet d'une composition écrite.

VI. — GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

Projections orthogonales. — Représentation d'une droite et d'un plan. Traces. Construction d'un plan défini par une propriété quelconque (Deux droites, trois points, parallélisme à deux droites, etc.).

Vraie longueur d'une droite. Angles d'une droite ou d'un plan avec les plans de projection.

Intersection de deux plans, d'une droite et d'un plan.

Rabattement d'un plan quelconque sur un plan de projection ou sur un plan parallèle.

Distance d'un point à un plan ou à une droite; distance de deux droites.

Angle de deux droites ou de deux plans; d'une droite et d'un plan. Examen des cas particuliers qui peuvent se présenter.

Changement des plans de projection. -- Projections sur un plan de profil.

Représentation d'un prisme ou d'une pyramide. — Section par un plan quelconque; section droite d'un prisme.

Représentation des cônes et des cylindres. — Section droite d'un cylindre. Section du cône et du cylindre par un plan quelconque.

Intersection des cylindres et des cônes entre eux. — Construction de la tangente en un point de l'intersection.

Développement du cylindre et du cône et des courbes tracées sur leur surface.

Représentation de la sphère. — Section par un plan quelconque; rabattement. Plan tangent mené en un point de la sphère ou par une droite extérieure.

Surfaces de révolution. — Plans tangents. Section par un plan quelconque; construction de la tangente en un point de la courbe.

Hélice. — Représentation de cette courbe et construction de la tangente en un point.

Construction d'un angle trièdre dont on donne trois éléments (réduits à trois cas par la considération du trièdre supplémentaire).

VII. — PHYSIQUE (*).

Préliminaires. — Mouvement uniforme et varié. Mouvement uniformément varié. Inertie. Forces. Égalité de l'action et de la réaction. Proportionnalité des forces constantes aux accélérations qu'elles impriment à un même mobile. Masse. Mesure des forces. Représenta-

(*) Ce programme doit être interprété dans le sens d'une étude purement expérimentale des phénomènes physiques.

tion géométrique des forces. Énoncé de la règle du parallélogramme des forces. Moment par rapport à un point et par rapport à une droite. Composition des forces parallèles. Centre des forces parallèles. Couples. Composition des forces de direction quelconque appliquées en des points différents d'un même corps. Équilibre. Notion du travail d'une force.

Pesanteur. — Direction de la pesanteur. Poids d'un corps. Centre de gravité. Lois de la chute d'un corps. Machine d'Atwood. Appareil de M. Morin. Pendule. Intensité de la pesanteur. Balance.

Hydrostatique. — Principe de la transmission des pressions. Égalité des pressions dans tous les sens, autour d'un point, dans l'intérieur d'un liquide en équilibre. Équilibre d'un liquide pesant. Pression sur le fond des vases, sur les parois latérales. Paradoxe hydrostatique. Vérifications expérimentales. Liquides superposés. Vases communiquants. Applications.

Principe d'Archimède. — Ascension et dépression capillaires. Poids spécifique. Détermination des poids spécifiques des solides et des liquides. Méthode de la balance hydrostatique, du flacon, des aréomètres à volume constant. Aréomètre à poids constant.

Hydrostatique des corps gazeux. — Pesanteur de l'air et des gaz. Pression atmosphérique. Baromètre à mercure. Baromètres métalliques.

Loi de Mariotte. — Expériences de Dulong et Arago et de Regnault.

Manomètres à mercure. — Manomètres métalliques. Diffusion du gaz. Loi du mélange des gaz. Dissolution des gaz dans les liquides.

Poussée sur les corps plongés dans les gaz. Aréostats. Machines pneumatiques. Machines de compression. Pompes à liquides. Presse hydraulique. Siphon.

Chaleur. — Dilatation des corps par la chaleur. Température. Thermomètres à mercure et à alcool. Pyromètre.

Mesure des dilatations linéaires des corps solides. Dilatation cubique. Dilatation apparente et dilatation absolue des liquides. Mesure de la dilatation absolue du mercure par le procédé Dulong et Petit. Thermomètres à poids. Maximum de densité de l'eau. Notions sommaires sur la dilatation des gaz ; expérience de Gay-Lussac.

Pendule compensateur. Thermomètre de Bréguet. Correction des hauteurs barométriques.

Fusion et solidification. — Lois générales. Phénomènes de surfusion. Changement de volume accompagnant la fusion. Dissolution des solides dans les liquides. Cristallisation par voie humide. Phénomènes de sur-saturation. Formation des vapeurs. Ébullition. Évaporation. Caléfaction.

Notions sommaires de calorimétrie. — Mesure des chaleurs spécifiques des solides et des liquides par la méthode des mélanges. Mesure des chaleurs latentes de fusion.

Électricité et magnétisme. — Développement de l'électricité par frot-

tement. Corps conducteurs et non conducteurs. Distinction de deux espèces d'électricité. Lois des attractions et des répulsions électriques. Distribution de l'électricité sur les corps conducteurs. Pouvoir des pointes. Développement de l'électricité par influence. Étincelles. Électroscopes. Machines électriques. Électrophore. Condensateurs. Bouteille de Leyde. Batteries électriques. Électroscope condensateur. Effets produits par les décharges électriques. Électricité atmosphérique. Foudre. Paratonnerre.

Aimants naturels et aimants artificiels. — Pôles. Actions de la terre. Déclinaison et inclinaison. Boussoles. Aimantation par influence. Procédés d'aimantation.

Électricité dynamique. — Production des courants électriques par des actions chimiques. Description des principales espèces de piles. Décompositions chimiques produites par les courants. Galvanoplastie. Expérience d'OErstedt. Loi d'Ampère. Galvanomètre. Aimantation par les courants. Action des courants sur les courants. Loi fondamentale de l'induction. Machine de Clarke.

Acoustique. — Production du son. Vitesse de transmission dans l'air. Vitesse de transmission dans l'eau.

Qualités du son. — Hauteur, intensité et timbre. Sirène. Roues dentées. Étude expérimentale des tuyaux sonores. Position des nœuds et des ventres. Lois des vibrations transversales des cordes.

Optique. — Propagation de la lumière dans un milieu homogène. Ombre et pénombre. Vitesse de la lumière. Photométrie.

Réflexion de la lumière. Miroirs plans. Miroirs sphériques, concaves et convexes. Foyers réels et virtuels. Image des objets. Réfraction de la lumière. Principe du retour inverse des rayons. Réflexion totale. Réfraction au travers d'un prisme. Spectre solaire.

Lentilles sphériques, convergentes et divergentes. Foyers réels et virtuels. Centre optique. Images. Discussion des grandeurs et des dispositions relatives des objets et des images.

Instruments d'optique. Microscope solaire. Lanterne magique. Chambre obscure. Loupe. Chambre claire. Microscope composé. Oculaires positifs et négatifs. Lunette astronomique. Lunette terrestre. Lunette de Galilée. Télescopes.

VIII. — CHIMIE.

Introduction. — Notions préliminaires. — Combinaisons ; lois des combinaisons. Lois des proportions définies, des proportions multiples. Loi de Gay-Lussac. Loi de Dulong et Petit. Nomenclature. Notations. Procédés de cristallisation.

Historique, état naturel, préparation au laboratoire et dans l'industrie s'il y a lieu, propriétés physiques et chimiques principales, caractères et usages des éléments et composés suivants :

MÉTALLOÏDES.

Hydrogène.

Oxygène. — Combustion, respiration. Ozone. Eau : analyse et synthèse, dissociation. Eau oxygénée.

Fluor. — Acide fluorhydrique, fluorures.

Chlore. — Acide chlorhydrique, chlorures. Acide hypochloreux, hypochlorites décolorants. Acide chlorique, chlorates ; acide perchlorique, perchlorates. Peroxyde de chlore.

Brome. — Acide bromhydrique, bromures hypobromites, bromates.

Iode. — Acide iodhydrique, iodures, acide iodique.

Soufre. — Acide sulfhydrique, sulfures, bisulfure d'hydrogène. Hypo-sulfites. Acide sulfureux, sulfites, hydrosulfites. Acide sulfurique, sulfates. Notions sommaires sur la série thionique.

Azote. — Air atmosphérique. Ammoniaque, sels ammoniacaux, ammonium. Protoxyde d'azote. Bioxyde d'azote. Acide azoteux, azotites. Peroxyde d'azote, acide azotique, azotates. Eau régale.

Phosphore. — Hydrogènes phosphorés. Phosphures. Notions sommaires sur les chlorures, iodures, bromures et sulfures de phosphore. Acide hypophosphoreux, hypophosphites. Acide phosphoreux, phosphites. Acides phosphoriques, phosphates.

Arsenic. — Hydrogène arsénié. Arséniures. Notions sommaires sur les chlorures, bromures, iodures d'arsenic. Acide arsénieux, arsénites. Acide arsénique, arséniates. Sulfures d'arsenic.

Antimoine. — Hydrogène antimoné, antimoniures. Notions sommaires sur les chlorures, bromures, iodures d'antimoine. Acide antimonieux, antimonites. Acide antimonique, antimoniates. Sulfures d'antimoine.

Carbone. — Méthane et ses dérivés chlorés. Éthylène et acétylène. Benzine. Oxyde de carbone. Anhydride carbonique, carbonates, sulfure de carbone, sulfocarbonates. Cyanogène, acide cyanhydrique, cyanures.

Silicium. — Hydrogène silicié. Fluorure de silicium. Acide fluosilicique. Chlorures de silicium, silice, silicates.

Bore. — Fluorure de bore, acide fluoborique. Chlorure de bore. Acide borique, borates.

MÉTAUX USUELS.

Potassium et sodium. — Potasse et soude. Chlorures, sulfures, sulfates, carbonates, azotates. Sulfite, hyposulfite, borates, phosphates de sodium.

Calcium, strontium, baryum. Oxydes, chlorures, sulfures, sulfates, carbonates, azotates, phosphates.

Magnésium. — Oxyde, chlorure, sulfate, carbonate, phosphates.

Zinc. — Oxyde, sulfure, chlorure, sulfate.

Plomb. — Oxydes, sulfure, chlorure, sulfate, carbonate.

Bismuth. — Oxyde, chlorure, azotates.

Cuivre. — Oxydes, chlorures, sulfures, sulfate, azotate.

Mercure. — Oxyde, chlorures, sulfure, sulfate, azotate.

Fer. — Oxydes, sulfures, chlorures, sulfates, cyanures.

Manganèse. — Oxydes, manganates, permanganates, sulfure, chlorure.

Chrome. — Oxydes. Sels de chrome, chromates.

Nickel et cobalt. — Oxydes, chlorure, sulfates, azotates.

Aluminium. — Oxyde, chlorure, sulfate, aluns, aluminates.

Argent. — Oxyde, chlorure, bromure, iodure, azotate.

Or. — Chlorure.

Platine. — Chlorures, chlorures doubles.

Étain. — Oxyde, chlorures, sulfures, stannates.

Fait à Paris, le 1^{er} octobre 1896.

TURREL.

Décision ministérielle, du 13 octobre 1896, approuvant les procès-verbaux des adjudications prononcées, après déchéance (), le 15 septembre 1896 en faveur de M. MARCHAL Charles, des concessions ci-après désignées :*

Concession des mines de cuivre pyriteux du CHARDONNET (Hautes-Alpes). — (Prix : 15 francs).

Concession des mines de cuivre, plomb et argent du LAUTARET (Hautes-Alpes). — (Prix : 80 francs).

Concession des mines de cuivre, plomb et argent de LA MONTAGNE DE L'HOMME (Hautes-Alpes). — (Prix : 50 francs).

*Décision ministérielle, du 16 octobre 1896, approuvant le procès-verbal de l'adjudication prononcée après déchéance (**), le 30 septembre 1896, en faveur de M. Sébastien GREGORI, au prix de 600 francs, de la concession des mines de cuivre, plomb, argent et autres métaux associés dans les mêmes gîtes, de SAINT-AUGUSTIN (Corse).*

(*) Arrêtés ministériels du 5 octobre 1895 (volume de 1895, p. 431).

(**) Arrêté ministériel du 8 février 1895 (volume de 1895, p. 39).

Décret du Président de la République, du 17 octobre 1896, portant réorganisation du régime des mines de la NOUVELLE-CALÉDONIE.

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 17 octobre 1896.

Monsieur le Président,

Le régime des mines de la Nouvelle-Calédonie est déterminé par un décret du 22 juillet 1883. Ce décret établissait sur les mines une redevance fixe de 3 francs par hectare pour les concessions exploitées, et de 10 francs pour les concessions non exploitées, plus une taxe de 3 p. 100 au maximum sur la valeur des produits extraits.

Presque aussitôt après la signature du décret, l'industrie minière traversa une crise intense. Les mines furent déclarées en état de chômage, et la perception des redevances suspendue.

Cette situation anormale se prolongea jusqu'en 1892, où un décret du 15 octobre rétablit la perception des redevances, mais en les réduisant considérablement. La redevance fixe étant réduite à 50 centimes pour les concessions exploitées et à 2 francs pour les concessions non exploitées : la redevance *ad valorem* n'était plus que de 1/2 p. 100.

Ce décret avait l'inconvénient de laisser subsister l'inégalité de traitement des concessions exploitées et des concessions non exploitées. La situation de l'industrie minière ne s'était pas améliorée ; et, s'il avait pu être bon, en d'autres temps, d'empêcher l'accaparement des terrains miniers par la spéculation, en imposant plus lourdement les mines laissées improductives, il devenait excessif de demander à des exploitants sérieux, mais contraints au chômage par les circonstances, une redevance d'autant plus lourde que les affaires allaient plus mal.

En fait, les redevances continuent à n'être pas payées.

D'autre part, le gouvernement local avait signalé au département certaines améliorations à apporter au décret de 1883, notamment en ce qui concerne l'institution des concessions.

Le conseil général des mines, institué près le ministère des

travaux publics, fut alors invité à étudier l'ensemble des modifications qu'il y avait lieu d'introduire dans le décret de 1883.

Après un examen approfondi, cette assemblée a proposé de modifier les titres II (Recherches des mines) et III (Des concessions). Elle a été notamment d'avis de supprimer toute distinction, au point de vue fiscal, entre les concessions exploitées et les concessions non exploitées; la redevance fixe serait, pour les unes comme pour les autres, de 50 centimes par hectare. Quant à la redevance proportionnelle, elle serait dorénavant à la tonne et non plus à la valeur, frapperait uniquement les produits exportés et serait fixée par un décret spécial.

J'ai adopté les propositions du conseil général des mines, tout en modifiant sur certains points, pour les mettre davantage en harmonie avec la situation spéciale de notre colonie du Pacifique, celles qui avaient trait à la réglementation des permis de recherches.

J'ai cru devoir notamment, en raison de la situation actuellement encore peu prospère de l'industrie minière, accepter les redevances proposées par le conseil général des mines, bien qu'elles fussent notablement inférieures à celles demandées par les pouvoirs locaux; mieux vaut un impôt peu élevé, mais payé exactement, qu'un impôt élevé qui n'est jamais payé.

Les changements proposés portant sur un certain nombre d'articles du décret de 1883, j'ai pensé qu'il y avait lieu, pour donner l'unité nécessaire à la législation minière, de joindre ensemble les dispositions conservées du décret de 1883 et les articles nouveaux, pour en faire un nouveau décret qui remplacera celui de 1883.

J'ai l'honneur, en conséquence, de soumettre à votre signature les deux projets de décrets ci-joints. L'un détermine à nouveau l'ensemble du régime des mines à la Nouvelle-Calédonie; l'autre fixe le montant des droits à payer pour les produits exportés.

J'ai l'espoir que la nouvelle législation, à l'application de laquelle je tiendrai la main, répondra aux desiderata de l'industrie minière et lui permettra de poursuivre la mise en valeur des richesses naturelles de notre colonie.

Veillez agréer, monsieur le Président, l'hommage de mon profond respect.

Le Ministre des colonies,
André LEBON.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des colonies,

Vu l'article 18 du sénatus-consulte du 3 mai 1854;

Vu le décret du 12 décembre 1874 sur le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie;

Vu le décret du 22 juillet 1883 (*), portant organisation du régime des mines en Nouvelle-Calédonie;

Vu les décrets des 15 octobre 1892 (**) et 24 juin 1893 (***), portant modification du régime des mines de la Nouvelle-Calédonie;

Vu l'avis du conseil général des mines,

Décrète :

TITRE I.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 1^{er}. — Sont considérés comme mines, au point de vue de l'application du présent décret, les gîtes naturels des substances minérales ou fossiles susceptibles d'une utilisation spéciale, à l'exception des matériaux de construction et des amendements ou engrais pour la culture des terres, qui restent à la libre disposition du propriétaire du sol.

La recherche et l'exploitation de l'or dans les alluvions de surface sont soumises aux règles spéciales édictées au titre IV.

Art. 2. — La propriété d'une mine ne peut être acquise qu'en vertu d'une concession instituée dans les formes prévues au titre III.

Art. 3. — L'acte de concession donne la propriété de la mine, c'est-à-dire le droit d'exploiter, conformément aux lois et règlements, dans leurs gisements naturels et dans la projection verticale du terrain concédé, toutes les substances concessibles qui font l'objet de la concession, ainsi que le droit de disposer librement du produit de cette exploitation.

Les gîtes de substances concessibles sont classés en trois catégories :

1^o Combustibles, pétroles et bitumes;

2^o Sel gemme, sels associés et sources salées;

3^o Toutes autres substances concessibles.

La concession d'un gîte d'une substance entraîne la concession

(*) Volume de 1883, p. 324.

(**) Volume de 1892, p. 315.

(***) Volume de 1893, p. 381.

de toutes les autres substances concessibles de même catégorie; mais il peut être institué, même en faveur de personnes différentes et dans les mêmes terrains, des concessions, distinctes entre elles, de chacune des catégories de substances.

Le concessionnaire a le droit de disposer, pour le service de sa mine et des industries qui s'y rattachent, des substances non concessibles dont l'abatage est inséparable des travaux que comporte l'exploitation de la mine.

Art. 4. — La propriété de la mine, distincte de la propriété de la surface, constitue une propriété perpétuelle, immobilière, disponible et transmissible comme tous autres biens immeubles, sous les réserves suivantes :

1° Une concession ne peut être vendue par lots ou partagée sans une autorisation donnée dans les mêmes formes que l'institution ;

2° Elle ne peut être transmise sans que l'administration en ait été informée et ait donné acte de déclaration ;

3° Elle peut être retirée dans des circonstances et suivant des formes qui sont énumérées à l'article 30.

Art. 5. — Sont immeubles, outre la mine, les bâtiments, machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure, conformément à l'article 524 du code civil.

Sont aussi immeubles par destination, les chevaux, agrès, outils et ustensiles servant à l'exploitation.

Ne sont considérés comme chevaux attachés à l'exploitation que ceux qui sont exclusivement employés aux travaux intérieurs de la mine.

Art. 6. — Les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation des mines sont réputés meubles, conformément à l'article 529 du code civil.

Art. 7. — Sont meubles les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.

Art. 8. — La recherche et l'exploitation des mines ne sont pas considérées comme un commerce et ne sont pas sujettes à patente.

TITRE II.

DE LA RECHERCHE DES MINES.

Art. 9. — Nul ne peut faire des recherches pour découvrir des mines sur un terrain aliéné par le domaine et qui ne lui appar-

tient pas, que du consentement du propriétaire, ou en vertu d'un permis de recherches délivré par l'administration.

Art. 10. — Le propriétaire qui veut entreprendre des recherches de mines dans son terrain, ou son ayant-droit, est tenu d'en faire la déclaration au directeur de l'intérieur, qui doit en donner acte immédiatement. Les fouilles peuvent être commencées sans autre formalité.

Tout propriétaire sera exonéré pour son terrain du paiement de la redevance annuelle fixée par l'article 11 ci-dessous pendant les deux années qui suivront la déclaration faite par lui. Ce délai expiré, il sera tenu, s'il veut continuer ses recherches, de payer d'avance, chaque année, la taxe prévue par ledit article.

Art. 11. — L'explorateur qui veut entreprendre des recherches sur terrains aliénés par le domaine, sans le consentement du propriétaire du sol, doit adresser au gouverneur une demande faisant connaître ses nom, prénoms, qualité et domicile, ainsi que la nature du gisement et l'indication des limites et de la superficie du périmètre dans lequel il se propose d'effectuer des recherches,

La demande doit être accompagnée d'un plan de surface à l'échelle de 1/10,000^e, sur lequel sont indiquées les limites dudit périmètre, celles de la propriété dans laquelle il se trouve compris, la direction du nord vrai et la situation d'au moins deux points fixes, déterminés par rapport à des points de repère naturels ou pris sur les cartes publiées de la Nouvelle-Calédonie, avec mention de la carte utilisée à cet effet.

Il sera donné immédiatement récépissé de cette demande, qui sera enregistrée, aux date et heure de son dépôt, sur un registre spécial tenu par l'administration des mines et dont le public pourra prendre connaissance.

Il sera statué par le gouverneur en conseil privé, après que le propriétaire du sol aura été entendu.

Le permis indiquera les limites et la superficie du périmètre pour lequel il est valable.

Il n'aura d'effet que pour un an, à partir de la décision du gouverneur, qui pourra, d'ailleurs, le renouveler d'année en année.

La délivrance ou le renouvellement du permis sont subordonnés au paiement d'une redevance annuelle de 40 centimes par hectare, dont le montant devra être versé à la direction de l'intérieur dans le délai de quinze jours à partir de la date de la décision du gouverneur. En cas de non-paiement dans le délai fixé, le

permis sera annulé de plein droit, l'annulation en sera inscrite en marge du registre spécial susmentionné et insérée au *Journal officiel* de la colonie.

Art. 12. — Les recherches peuvent avoir lieu librement sur les terres du domaine, mais des travaux ne pourront être entrepris ou poursuivis que sur une déclaration faisant connaître les nom, prénoms, qualité et domicile de l'explorateur, ainsi que la nature du gisement et l'indication des limites de la superficie du périmètre dans lequel il se propose d'effectuer ses travaux.

La déclaration doit être accompagnée d'un plan de surface à l'échelle de 1/10,000^e, sur lequel sont indiquées les limites dudit périmètre, la direction du nord vrai et la situation d'au moins deux points fixes, déterminés par rapport à des points de repère naturels ou pris sur les cartes publiées de la Nouvelle-Calédonie avec mention de la carte utilisée à cet effet.

Il sera immédiatement donné acte de cette déclaration, qui sera enregistrée, aux date et heure de son dépôt, sur le registre spécial mentionné à l'article 11.

Toutefois, la déclaration pourra être tenue pour nulle, en tout ou en partie, dans le cas où elle s'appliquera à des terrains compris dans un périmètre pour lequel une déclaration antérieure sera encore valable. Avis de la nullité sera donné à l'intéressé.

Le périmètre déclaré est soumis à une redevance annuelle de 40 centimes par hectare, dont le montant, pour la première année, devra être versé à la direction de l'intérieur dans le délai de quinze jours à partir de la date de la déclaration ; pour chacune des années suivantes, le montant de la redevance devra être payé dans le même délai à partir du retour de la même date. En cas de non-paiement dans les délais fixés, la déclaration sera annulée de plein droit. L'annulation en sera inscrite en marge du registre spécial susmentionné et insérée au *Journal officiel* de la colonie.

Art. 13. — Tout explorateur qui a commencé les travaux de recherches, en se conformant à l'un des articles précédents, peut faire opposition à l'ouverture ultérieure de travaux de recherches par un autre explorateur, dans des terrains voisins, sur le même gisement.

Il est statué sur cette opposition par le gouverneur en conseil privé, le comité consultatif des mines entendu.

Des périmètres de recherches distincts, avec droit exclusif d'y faire des travaux, devront être attribués à chaque explorateur, si l'étendue du terrain le permet. Toutefois, l'explorateur qui aurait signalé le premier à l'administration le gisement naturel d'une

substance concessible, à plus de 5 kilomètres à vol d'oiseau d'un gisement concédé ou régulièrement exploré, aura droit, par préférence, et à l'exclusion de tous autres, à l'attribution d'un périmètre de recherches de 20 hectares au moins et de 200 au plus.

La déclaration de découverte pourra se confondre avec les déclarations dont il est question aux articles 10 et 12 ou avec la demande prévue à l'article 11. Elle pourra se faire par un télégramme renfermant les mêmes indications. Mention spéciale en sera faite sur le registre des déclarations, et il en sera donné un accusé de réception.

La déclaration par voie télégraphique devra toujours être confirmée par une déclaration écrite.

Art. 14. — Les permis ou déclarations s'appliquant à des terrains qui viendraient à être incorporés dans une concession seront annulés par le fait de cette concession.

Art. 15. — Des recherches pourront être faites, en se conformant aux prescriptions qui précèdent, dans un terrain déjà concédé pour une substance d'une catégorie autre que celles qui font l'objet de la concession, sous réserve des mesures que l'administration croirait devoir prescrire pour la protection de la mine concédée.

Toutefois, sur les terres du domaine, l'explorateur ne pourra entreprendre ses travaux qu'après avoir obtenu un permis de recherche qui lui sera délivré, s'il y a lieu, par le gouverneur, en conseil privé, sur l'avis du commissaire des mines, après que le concessionnaire, dans le périmètre duquel les recherches doivent avoir lieu, aura été mis en demeure de fournir ses observations.

Le permis de recherches indiquera les limites et la superficie du périmètre dans lequel les travaux peuvent être entrepris et, s'il y a lieu, les mesures à prendre pour que les travaux de l'explorateur ne nuisent pas à ceux du concessionnaire.

Il sera valable pour un an et subordonné au paiement d'une redevance annuelle de 40 centimes par hectare, dans les conditions indiquées à l'article 11.

Art. 16. — Les travaux de recherche de mines sont soumis à la surveillance administrative dans les mêmes conditions que les travaux de mines concédées.

Tous travaux de recherches qui dégénéreraient en travaux d'exploitation seront interdits administrativement, sans préjudice de l'application, le cas échéant, des peines prévues aux articles 66 et suivants.

Tout explorateur pourra disposer librement des produits concessibles provenant de ses travaux de recherches, moyennant le paiement d'une somme de 50 francs, après qu'il en aura fait à la direction de l'intérieur une déclaration de laquelle il lui sera donné immédiatement acte qui vaudra permission. Cette déclaration n'aura d'effet que pour un an et devra être renouvelée dans les mêmes formes et aux mêmes conditions. La permission pourra être retirée par décision du directeur de l'intérieur, rendue sur l'avis du commissaire des mines.

En dehors du privilège reconnu à l'inventeur par l'article 22, aucune recherche, déclaration ou permis ne constitue un droit à l'obtention d'une concession.

TITRE III.

DES CONCESSIONS.

Art. 17. — La demande en concession sera faite par voie de pétition au gouverneur.

Elle indiquera les nom et prénoms du demandeur, la situation, les limites et l'étendue de la concession, la nature et les conditions du gisement.

Il sera fourni, dans le délai de quatre mois, un plan de surface à l'échelle de 1/10,000^e, dressé ou vérifié par les agents de l'administration aux frais du demandeur, suivant un tarif qui sera fixé par un arrêté rendu par le gouverneur en conseil privé, le comité consultatif des mines entendu. On indiquera sur ce plan les limites choisies, l'emplacement et les dispositions du gisement.

A défaut de points fixes, naturellement et facilement reconnaissables, qui puissent servir de sommets au périmètre, il sera creusé, par les soins et aux frais des demandeurs, sur les points qui devront servir de sommets, des puits de 1 mètre de profondeur au moins, sur 1 mètre de diamètre.

Ces puits seront remplis de pierres et des poteaux de 1^m,50 de hauteur seront placés au centre ; sur chacun de ces poteaux sera placée une affiche datée, mentionnant les noms des demandeurs, leur intention de demander la concession du territoire limité, la surface demandée et le nom de la mine.

Le placement des poteaux ne crée aucun droit sur la mine avant la délivrance de l'acte de concession.

Tant que la mine n'aura pas été instituée, elle sera considérée comme périmètre de recherches et payera la redevance prévue aux articles 11 et 12 ci-dessus.

Art. 18. — La demande sera déposée à la direction de l'intérieur à Nouméa.

Elle sera enregistrée, à la date de son dépôt, sur un registre spécial qui sera communiqué à toute personne qui en fera la demande.

Il sera délivré au demandeur un récépissé de l'enregistrement de sa demande.

En déposant sa pétition, le demandeur consignera la somme jugée nécessaire pour faire face aux frais de l'instruction, lesquels sont à sa charge, suivant un tarif qui sera arrêté par le gouverneur en conseil privé.

Art. 19. — Avis de la demande en concession sera, pendant six semaines consécutives, par les soins du directeur de l'intérieur, affiché à Nouméa et inséré deux fois, à un mois au moins d'intervalle, au *Journal officiel* de la colonie.

Pendant ces six semaines, une copie de la pétition restera déposée à la direction de l'intérieur et au bureau des mines; elle sera communiquée à toute personne qui en fera la demande.

Un registre spécial sera ouvert pour recevoir les observations, oppositions ou demandes en concurrence.

Art. 20. — Ce registre d'observations sera transmis, dans le délai de deux mois, avec le rapport du commissaire des mines, au comité consultatif des mines, qui donnera son avis dans le délai de quinze jours.

Le comité consultatif entendra toute personne qui en fera la demande par écrit au président avant le jour de la séance.

Art. 21. — Il sera définitivement statué par le gouverneur, en conseil privé, dans le délai de quinze jours, après l'avis du comité consultatif.

La décision, qui devra être notifiée au demandeur, sera insérée au *Journal officiel* de la colonie.

Art. 22. — Le gouverneur en conseil privé juge souverainement des motifs d'après lesquels la concession doit être accordée ou refusée, ainsi que des limites et de l'étendue de la concession.

Toutefois, tout individu ou toute association d'individus qui fera constater la découverte d'un gisement exploitable à plus de 5 kilomètres, à vol d'oiseau, d'un gisement connu, aura droit à une concession gratuite de 25 hectares.

La gratuité de la concession ainsi accordée consiste dans le non-paiement de la redevance due au moment de la déclaration, ainsi que de la redevance annuelle. Cette prime est personnelle et, dès que l'inventeur aliène sa concession, le nouveau propriétaire est tenu de payer la redevance annuelle.

Déclaration de la découverte sera faite à la direction de l'intérieur à Nouméa et enregistré à sa date.

La découverte sera constatée par le commissaire des mines ou son représentant.

Le gouverneur, en conseil privé, statuera, sur le rapport du directeur de l'intérieur, le comité consultatif des mines entendu.

Art. 23. — Le concessionnaire devra également indemniser les explorateurs évincés, en raison de l'inutilité de leurs travaux, compris dans la concession, qui seraient utilisés ou pourraient l'être, ou qui auraient donné des indications utiles pour l'exploitation.

Il devra, en outre, leur tenir compte des matières extraites dont ils n'auraient pas disposé.

Ces indemnités seront réglées, après expertise, par le conseil du contentieux administratif.

Art. 24. — Les demandes en extension ou réduction de concession, ainsi que les demandes de fusion de plusieurs concessions contiguës en une seule seront instruites dans les mêmes formes que les demandes en institution de concession.

Art. 25. — Si le concessionnaire veut renoncer à tout ou partie de sa concession, il devra en faire la demande, qui sera soumise à une enquête d'un mois, et insérée au *Journal officiel*.

La renonciation ne pourra être refusée, s'il est produit un certificat du conservateur des hypothèques constatant qu'il n'y a aucune inscription hypothécaire prise sur la concession, ou si les créanciers inscrits consentent à donner main-levée de leur hypothèque, ou à la reporter sur la concession réduite.

Art. 26. — Si les limites fixées par l'acte de concession ne sont pas les mêmes que celles demandées dans la pétition, les repères relatifs à la demande seront enlevés, et des puits avec poteaux apparents devront être immédiatement creusés sur tous les points du périmètre où l'administration le jugera nécessaire.

L'opération sera faite par les soins du concessionnaire et vérifiée par les agents de l'administration, qui y procéderont d'office et aux frais du concessionnaire si elle n'a pas eu lieu dans les quatre mois de l'octroi de la concession.

Art. 27. — Tout individu titulaire d'une concession de mines

doit faire élection à Nouméa d'un domicile où lui seront valablement faites, par l'administration, toutes significations et communications.

L'association ou la société à laquelle appartiendrait une concession devra désigner à l'administration un directeur responsable qui la représente ; ce directeur devra faire élection de domicile à Nouméa, aux mêmes fins qu'il est dit au paragraphe précédent.

Toute contravention aux obligations qui précèdent donnera lieu, contre l'individu ou la société titulaire de la concession, à une amende de 500 francs recouvrable, par voie de contrainte, par le directeur de l'intérieur.

Art. 28. — Toute concession, qu'elle soit exploitée ou non, devra payer annuellement à la colonie une redevance fixe de 50 centimes par hectare ou fraction d'hectare.

Art. 29. — Il sera perçu, en outre, par chaque tonne de produits marchands extraits dans la colonie, soit de recherches, soit de mines concédées, un droit qui, pour chaque nature de produits, sera fixé par un décret spécial.

Les produits extraits consommés ou transformés dans la colonie sont exempts de ce droit.

Art. 30. — La déchéance peut être prononcée contre tout concessionnaire qui n'aura pas acquitté la redevance annuelle fixée par l'article 28.

Après deux avertissements signifiés administrativement, à un mois d'intervalle, au domicile élu à Nouméa, et restés sans résultat, et quinze jours après le second, le gouverneur en conseil privé, sur le vu des observations qui auront pu être produites par le concessionnaire, après avis du commissaire des mines et du comité consultatif des mines, rendra, s'il y a lieu, un arrêté de déchéance, qui sera notifié à l'intéressé et publié au *Journal officiel*.

L'arrêté de déchéance régulièrement pris dans ces conditions ne sera susceptible d'aucun recours par la voie contentieuse.

Un mois après sa notification à l'intéressé ou à son domicile élu, il pourra être procédé à l'adjudication publique de la concession.

Jusqu'au jour de l'adjudication, le concessionnaire pourra arrêter les effets de la déchéance en payant les taxes arriérées et en remboursant tous les frais exposés par l'administration pour suivre la déchéance.

L'adjudication se fera à la direction de l'intérieur, à Nouméa,

par voie administrative, en faveur de celui des concurrents qui aura fait l'offre la plus avantageuse.

Le concessionnaire déchu ne pourra prendre part à l'adjudication.

Le prix, défalcation faite des frais d'adjudication avancés par l'administration et des redevances arriérées, sera remis au concessionnaire déchu, ou consigné, s'il y a opposition ou hypothèque inscrite sur la mine, pour être distribué judiciairement aux ayants-droit.

S'il ne se présente aucun soumissionnaire, la concession restera à la disposition du domaine, libre et franche de toutes charges provenant du fait du concessionnaire déchu.

Celui-ci pourra, en ce cas, retirer les chevaux, machines et agrès qu'il aura attachés à l'exploitation et qui pourront être séparés sans préjudice pour la mine, à la charge de payer les frais faits pour arriver à l'adjudication, et sauf au domaine à retenir, à dire d'experts, les objets qu'il jugera utiles.

Art. 31. — Nul explorateur ou concessionnaire de mines ne pourra, sans le consentement du propriétaire de la surface, faire des sondages, ouvrir des puits ou galeries, ni établir des machines, ateliers ou magasins dans les enclos murés, cours et jardins.

Les puits et galeries ne peuvent être ouverts dans un rayon de 50 mètres des habitations et des terrains compris dans les clôtures murées y attenant, sans le consentement des propriétaires de ces habitations.

Art. 32. — Les explorateurs ou concessionnaires ne pourront pousser leurs travaux sous des maisons ou lieux d'habitation qu'après en avoir obtenu l'autorisation du directeur de l'intérieur, donnée sur l'avis du commissaire des mines et après que les propriétaires intéressés auront été entendus.

Les explorateurs ou concessionnaires devront, si les propriétaires le requièrent, donner caution de payer toutes indemnités en cas de dommages résultant des travaux; les tribunaux ordinaires connaîtront de ces questions.

Art. 33. — Le concessionnaire pourra occuper gratuitement, dans le périmètre de sa concession, mais à titre précaire, les terrains du domaine nécessaires à l'exploitation de la mine, à la préparation mécanique des minerais et au lavage des combustibles, à l'établissement de rigoles, canaux et de toutes voies de communication, ainsi qu'à la plantation des bornes nécessaires pour le bornage des concessions.

Le concessionnaire aura un droit de priorité pour l'acquisition de tous les terrains du domaine situés dans le périmètre de sa concession.

Art. 34. — Si l'occupation doit porter sur des terrains aliénés par le domaine, elle ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le directeur de l'intérieur, sur l'avis du commissaire des mines, le comité consultatif entendu, après que le propriétaire aura été mis en demeure de fournir ses observations.

Le propriétaire du sol aura droit à une indemnité qui, à défaut d'entente à l'amiable, sera réglée, après expertise, par les tribunaux dans les conditions suivantes :

Si les travaux entrepris par le concessionnaire ou par un explorateur muni d'un permis de recherches mentionné à l'article 12 ne sont que passagers, et si le sol où ils ont eu lieu peut être mis en culture au bout d'un an comme il l'était auparavant, l'indemnité sera réglée à une somme double du produit net du terrain endommagé.

Si l'occupation prive le propriétaire de la jouissance du sol pendant plus d'une année, ou si, après l'exécution des travaux, les terrains occupés ne sont plus propres à la culture, le propriétaire peut exiger du concessionnaire ou de l'explorateur l'acquisition du sol.

La pièce de terre trop endommagée ou dégradée sur une trop grande partie de sa surface doit être achetée en totalité si le propriétaire l'exige.

Le terrain à acquérir sera toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant l'occupation.

L'occupation des terrains par le concessionnaire pourra avoir lieu avant le règlement des indemnités précitées, mais après que l'arrêté d'autorisation du directeur de l'intérieur aura été notifié au propriétaire et que la constatation de l'état des lieux à occuper aura été faite contradictoirement par deux experts, nommés l'un par le concessionnaire, l'autre par le propriétaire du sol, ou par le juge de paix, sur requête du concessionnaire, à défaut par le propriétaire de l'avoir indiqué dans la huitaine de la notification qui lui aura été faite par le concessionnaire.

Art. 35. — Si les terrains domaniaux à occuper sont loués ou occupés par permis, le concessionnaire ou l'explorateur peut prendre les terrains qui lui sont nécessaires et pour lesquels il a demandé et obtenu l'autorisation, à titre de location, à un prix annuel à fixer par le gouverneur, en conseil privé, sur le rap-

port de trois experts nommés, deux par chacun des intéressés, et le troisième par le directeur de l'intérieur.

Art. 36. — L'explorateur ou le concessionnaire sera tenu à réparer tous autres dommages que ses travaux pourraient occasionner à la propriété superficielle. Il ne devra, dans ce cas, qu'une indemnité simple à fixer par les tribunaux après expertise.

Art. 37. — Le concessionnaire pourra exécuter, en dehors du périmètre de sa concession, après autorisation donnée par le gouverneur en conseil privé, toutes voies de communication, ainsi que tous ouvrages de secours, tels que puits ou galeries destinés à faciliter l'aérage et l'écoulement des eaux, qui seraient nécessaires pour l'exploitation de la mine.

Les voies de communication créées en dehors du périmètre pourront être affectées à l'usage du public dans les conditions qui seront établies par le cahier des charges de l'entreprise.

Si les travaux doivent porter sur des terrains aliénés par le domaine, l'autorisation de les exécuter ne pourra être donnée qu'après que les propriétaires auront été mis en demeure de fournir leurs observations.

Les indemnités dues, en ce cas, pour les terrains nécessaires à l'exécution de ces travaux, soit aux propriétaires de terrains aliénés, soit à ceux qui les occupent par location ou permission, seront réglées comme en matière d'exécution de travaux publics.

Art. 38. — Tout concessionnaire pourra, sur l'autorisation du gouverneur en conseil privé, se servir des sentiers et chemins de charroi établis par un concessionnaire voisin dans le périmètre et aux frais de celui-ci.

Le concessionnaire qui fera usage des sentiers et chemins de charroi du concessionnaire voisin lui devra une indemnité annuelle qui, à défaut d'entente amiable, sera fixée, après expertise, par les tribunaux. On devra tenir compte, pour l'établissement de cette annuité, de la proportion dans laquelle les intéressés se servent de la voie de communication commune et de l'usure ou entretien supplémentaire qui résulte, pour le concessionnaire propriétaire, de l'usage de ses voies de communication par les tiers.

Art. 39. — Dans le cas de deux concessions de catégories différentes, superposées l'une à l'autre et appartenant à des concessionnaires différents, à défaut d'entente entre les concessionnaires, il sera statué par le directeur de l'intérieur, sur le rapport du

commissaire des mines, le comité consultatif des mines entendu, sur toutes les contestations qui s'élèveraient entre eux relativement à l'ouverture ou à l'exécution des travaux comme aussi relativement à l'usage de puits ou galeries qui pourront être rendus communs, sauf règlement de l'indemnité qui pourra être due d'une mine à l'autre, et sera fixée, à défaut d'entente amiable, par les tribunaux après expertise.

Art. 40. — Dans le cas où il serait reconnu nécessaire d'exécuter des travaux ayant pour but soit de mettre en communication les mines de deux concessions voisines pour l'aérage ou pour l'écoulement des eaux, soit d'ouvrir des voies d'aérage, d'assèchement ou de secours destinées au service des mines de la concession voisine, les concessionnaires seront tenus de souffrir l'exécution de ces travaux et d'y participer chacun dans la proportion de son intérêt.

Ces ouvrages seront ordonnés par le directeur de l'intérieur, sur le rapport du commissaire des mines, les concessionnaires ayant été entendus.

Art. 41. — Lorsque les travaux d'exploitation d'une mine occasionnent des dommages à l'exploitation d'une autre mine voisine ou superposée, à raison, par exemple, des eaux qui pénètrent dans cette dernière en plus grande quantité; lorsque, au contraire, ces mêmes travaux tendent à évacuer tout ou partie des eaux d'une autre mine par machine ou galerie, il y aura lieu, d'une mine en faveur de l'autre à une indemnité qui sera réglée par les tribunaux après expertise.

Art. 42. — Le directeur de l'intérieur, après avis du commissaire des mines et du comité consultatif des mines, peut prescrire au concessionnaire, après qu'il aura été entendu, de laisser sur tout ou partie du périmètre de sa concession un massif de protection de largeur suffisante pour éviter que les travaux ne puissent être mis en communication avec ceux d'une concession voisine instituée ou qui pourrait être instituée. L'établissement de ce massif de protection, s'il est jugé nécessaire, ne peut donner lieu à aucune indemnité de la part d'un concessionnaire en faveur de l'autre.

Art. 43. — Les concessionnaires ou explorateurs devront se soumettre aux mesures qui pourront être ordonnées par le directeur de l'intérieur, sur le rapport du commissaire des mines, en vue de faire disparaître les causes de danger que les travaux de recherche ou d'exploitation feraient courir à la sûreté publique, à la sécurité des ouvriers mineurs, à la conservation des sources, des voies publiques et des propriétés de la surface.

Au besoin, les mesures nécessaires seront exécutées d'office par le directeur de l'intérieur, aux frais des concessionnaires ou explorateurs.

Art. 44. — Il devra être tenu à jour, sur chaque concession, un plan des travaux et un registre d'avancement dans lequel seront mentionnés tous les faits importants de l'exploitation.

Le commissaire des mines et les agents sous ses ordres pourront se faire représenter ces plan et registre à chacune de leurs visites.

Le concessionnaire sera tenu d'adresser au directeur de l'intérieur et au commissaire des mines, chaque fois qu'ils en feront la demande, tous les renseignements statistiques relatifs à la nature et aux quantités des produits extraits, et au personnel occupé par la mine.

Le concessionnaire remettra chaque année au commissaire des mines la copie du plan des travaux faits dans l'année précédente.

Le concessionnaire est tenu de fournir au commissaire des mines et aux agents sous ses ordres les moyens de parcourir tous les travaux qui restent accessibles.

Art. 45. — Tout travail d'exploration ou d'exploitation ouvert en contravention aux lois, décrets et règlements pourra être interdit par mesure administrative, sans préjudice des poursuites et pénalités prévues aux articles 66 et suivants.

TITRE IV.

DISPOSITIONS SPÉCIALES A L'EXPLOITATION DE L'OR EN ALLUVIONS DE SURFACE.

Art. 46. — Les terrains d'alluvions aurifères de surface, à l'exclusion des gisements d'or, soit en filons, soit en alluvions profondes, pourront être déclarés périmètres aurifères et seront alors soumis aux dispositions spéciales du présent titre.

Art. 47. — L'érection de terrains ou territoires en périmètres d'alluvions aurifères de surface sera faite par un arrêté du gouverneur en conseil privé, après avis du commissaire des mines et du comité consultatif des mines. L'arrêté inséré au *Journal officiel* de la colonie fera connaître les limites du périmètre déclaré.

Art. 48. — Dans l'étendue de tout périmètre aurifère déclaré, l'exploitation de l'or dans les alluvions de surface aura lieu par

concession acquise par prise de possession en se conformant aux prescriptions qui suivent.

Art. 49. — La concession par prise de possession doit avoir la forme d'un rectangle, d'une surface de 20 à 50 ares, dont le petit côté ne pourra être inférieur à un cinquième du grand.

Cette superficie pourra être portée à 1 hectare dans le cas de la découverte d'un gisement à plus de 5 kilomètres, à vol d'oiseau, d'un gisement déjà connu.

Art. 50. — La prise de possession a lieu par l'érection, aux quatre angles du rectangle, de poteaux indicateurs implantés suivant les formes prescrites par l'article 17 du présent décret et portant une affiche indiquant le nom de ceux qui prennent possession du terrain et la date de cette prise de possession.

Art. 51. — Dans les quinze jours de la prise de possession, déclaration doit en être faite au directeur de l'intérieur à Nouméa, en indiquant les noms, prénoms et qualités des demandeurs, ou, si c'est une société, le nom du représentant légal.

A cette déclaration sera jointe la désignation exacte du terrain occupé et l'évaluation de sa surface.

Le commissaire des mines fera immédiatement enregistrer la déclaration à sa date sur un registre spécial, déposé dans son bureau, qui pourra être consulté par toute personne en faisant la demande.

Récépissé sera délivré du dépôt de cette déclaration.

La déclaration pourra être faite par voie télégraphique, mais à la condition de contenir toutes les indications ci-dessus indiquées; un accusé de réception sera envoyé par le directeur de l'intérieur.

Art. 52. — En faisant le dépôt de la déclaration, il doit être versé une somme de 50 francs.

Art. 53. — La propriété de la concession n'est acquise qu'après l'accomplissement des formalités énoncées dans les trois articles qui précèdent, sous réserve de tous droits que des tiers pourraient avoir acquis antérieurement.

Art. 54. — Immédiatement après le dépôt de la déclaration et le versement des 50 francs, un plan de la concession déclarée à l'échelle de 1/1000^e devra être levé par un agent de l'administration ou vérifié par lui, s'il a été levé par les soins des intéressés.

Si cette opération ou cette vérification faisait reconnaître que les demandeurs ont dépassé la limite d'étendue fixée à l'article 49, les poteaux devraient être déplacés en conséquence.

Procès-verbal de l'opération sera dressé par l'agent de l'admi-

nistration pour être enregistré par le commissaire des mines sur un registre déposé dans son bureau et tenu à la disposition du public.

Un exemplaire de ce procès-verbal, approuvé par le directeur de l'intérieur, sera délivré au concessionnaire auquel il sera ultérieurement remis un titre de propriété émané du gouverneur en conseil privé.

Art. 55. — La concession ne donne que le droit d'exploiter l'alluvion aurifère de surface dans la projection verticale du terrain concédé et de disposer du produit provenant de ces travaux, sans aucun droit sur tous autres gisements, même d'or, qui pourraient se trouver au-dessous de l'alluvion de surface, et qui peuvent faire l'objet de concessions instituées conformément au titre III.

Art. 56. — Le concessionnaire d'alluvions aurifères est tenu de payer une redevance annuelle de 50 francs.

Art. 57. — L'exploitation de toute concession, par prise de possession, d'alluvions aurifères devra être tenue en activité continue en occupant constamment un minimum de quatre hommes.

Art. 58. — En cas d'inobservation de l'une ou de l'autre des deux conditions qui précèdent, constatée par un procès-verbal régulier signifié à l'intéressé, la déchéance pourra être poursuivie et prononcée en suivant les formes et d'après les conditions de l'article 30.

Art. 59. -- La concession par prise de possession d'alluvions aurifères, en dehors des conditions précitées qui lui sont propres, est soumise à toutes les obligations, comme elle jouit de tous les droits de la concession ordinaire, tels qu'ils résultent du titre III du présent décret en ce qui concerne les relations avec les propriétaires superficiaires et les concessions voisines ou superposées.

Toutefois, lorsqu'un périmètre aurifère d'alluvions de surface aura été déclaré et portera sur des terrains antérieurement concédés pour d'autres substances, les concessionnaires par prise de possession ne pourront faire aucune fouille dans un rayon de 50 mètres autour des machines, édifices, espaces murés, chemins et toutes autres installations servant à l'exploitation desdites concessions, sans une autorisation formelle du concessionnaire.

Art. 60. — Les périmètres d'alluvions aurifères peuvent être déclassés par une décision du gouverneur, rendue en conseil privé, après avis du commissaire des mines et du comité consultatif des mines.

La décision sera insérée au *Journal officiel* de la colonie.

Aucune concession ne peut plus être acquise par prise de possession postérieurement à la publication de l'arrêté de déclassement.

Les concessions antérieures dont la prise de possession a été régulièrement faite restent maintenues en faveur des intéressés, à charge par eux de continuer à observer les conditions du présent titre, sous peine, le cas échéant, de la déchéance, laquelle en pareille circonstance sera pure et simple sans recours au conseil d'État et sans adjudication au profit du concessionnaire déchu. Le terrain restera franc et libre de toute charge du concessionnaire antérieur.

TITRE V.

DES ANCIENNES CONCESSIONS.

Art. 61. — Toutes les concessions antérieures au décret du 22 juillet 1883, qu'elles résultent de prise de possession ou d'acte de concession, demeurent transformées en concessions perpétuelles soumises aux droits et obligations des concessions qui font l'objet du titre III du présent décret.

Ces concessions comprennent toutes les substances concessibles sans distinction de catégorie.

TITRE VI.

DE LA JURIDICTION ET DES PÉNALITÉS.

Art. 62. — Les contestations entre particuliers nées de l'exécution du présent décret qui ne sont pas exceptionnellement dévolues par lui à la juridiction administrative ressortissent à l'autorité judiciaire.

Dans tout litige qui ne porte pas exclusivement sur un point de droit, des experts devront toujours être désignés, le ministère public sera toujours entendu et donnera ses conclusions sur les rapports d'expertise.

Art. 63. — Il est statué par le conseil du contentieux administratif :

1° Sur les indemnités qui peuvent être dues à des explorateurs évincés en vertu de l'article 23 ;

2° Sur toute contestation relative à l'interprétation à donner sur le sens d'une clause des actes de concession.

Art. 64. — Il est statué par le gouverneur en conseil privé, sur les contestations relatives à la classification légale des substances minérales.

Art. 65. — Dans toutes les circonstances où le gouverneur aura à statuer par arrêté, rendu en conseil privé, pour l'exécution ou en vertu d'une clause quelconque du présent décret, le conseil privé sera nécessairement complété de la manière suivante :

1° Le commissaire des mines sera appelé de droit au conseil avec voix délibérative ainsi que les chefs de service désignés par l'article 153 du décret du 12 décembre 1874 ;

2° On appellera, en outre, avec voix consultative, deux personnes notables et expérimentées dans l'art des mines désignées annuellement à cet effet par le gouverneur.

Il sera également désigné annuellement par le gouverneur deux suppléants, pour être appelés en remplacement desdites personnes en cas d'absence ou d'empêchement.

Art. 66. — Toute infraction aux prescriptions du présent décret, des arrêtés rendus par le gouverneur en conseil privé, pour son application, ou des décisions prises par le directeur de l'intérieur pour l'application de ces décrets et arrêtés, sera déférée aux tribunaux correctionnels et punie d'une amende de 100 à 500 francs.

En cas de récidive dans l'année, l'amende sera portée au double et le tribunal pourra, en outre, prononcer un emprisonnement de trois jours à un mois.

Art. 67. — Lesdites infractions pourront être constatées par des procès-verbaux dressés concurremment par les officiers de police judiciaire, par le commissaire des mines, les agents assermentés sous ses ordres et par tous les agents de l'administration qui auront qualité pour verbaliser en matière de mines.

Art. 68. — Ces procès-verbaux seront affirmés dans les formes et les délais prescrits par les lois ; cette affirmation aura lieu devant les juges de paix, et, à défaut, devant les chefs d'arrondissement, présidents de commissions municipales et officiers de l'état civil.

Art. 69. — L'article 463 du code pénal est applicable aux condamnations qui seront prononcées en exécution du présent décret.

TITRE VII.

DISPOSITIONS FINALES.

Art. 70. — Sont abrogés les décrets des 22 juillet 1883 et 15 octobre 1892 et toutes autres dispositions des arrêtés ou décrets antérieurs contraires à celles du présent décret.

Art. 71. — Les dispositions du présent décret ne seront applicables aux terrains pénitentiaires qu'avec l'autorisation de l'administration compétente et sous la réserve des prescriptions qu'elle jugera nécessaires.

Art. 72. — Le gouverneur en conseil privé rendra tous les arrêtés nécessaires pour l'exécution du présent décret.

Art. 73. — Le ministre des colonies est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 17 octobre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des colonies,
André LEBON.

Décret du Président de la République, du 17 octobre 1896, fixant les droits d'exportation des minerais extraits en NOUVELLE-CALÉDONIE.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre des colonies,
Vu l'article 29 (*) du décret du 17 octobre 1896 ;
Décrète :

Art. 1^{er}. — Le droit prévu par l'article 29 du décret du 17 octobre 1896 est fixé :

A 25 centimes par tonne pour les minerais de cuivre, cobalt, nickel et fer chromé ;

Et à 5 centimes pour le charbon.

Art. 2. — Il sera pourvu par un arrêté du gouverneur au mode de recouvrement des taxes définies à l'article précédent.

Art. 3. — Le ministre des colonies est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 17 octobre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des colonies,
André LEBON.

(*) Voir *suprà*, p. 529.

Décret du Président de la République, du 18 octobre 1896, portant réorganisation de l'Ecole nationale supérieure des mines.

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 16 octobre 1896.

Monsieur le Président,

L'organisation de l'école nationale supérieure des mines est actuellement réglée par un décret du 18 juillet 1890 (*), dont l'article 26 a été modifié par un décret du 20 mars 1894 (**).

D'après ces décrets, le mode d'admission des élèves externes aux cours spéciaux est très compliqué.

Les élèves admis ont trois origines bien distinctes : les uns, qui sont en très forte majorité, ont suivi pendant une année les cours préparatoires de l'école des mines ; d'autres sont des élèves sortant de l'école polytechnique ; d'autres, enfin, en minorité infime, appartiennent à la catégorie des candidats libres qui se préparent en dehors de ces deux écoles.

On inscrit en tête de la liste d'admission aux cours spéciaux les élèves des cours préparatoires qui, à l'issue des examens de fin d'année, ont obtenu des notes jugées satisfaisantes.

On ajoute à la suite, dans l'ordre de leur rang de sortie de l'école polytechnique, les élèves de cette école qui ont obtenu une moyenne de points déterminée.

Les places restant disponibles sont alors offertes à un concours auquel prennent part les élèves des cours préparatoires qui avaient été ajournés, les élèves de l'école polytechnique qui ne justifiaient pas d'une moyenne suffisante et, enfin, les candidats libres.

Ce système consiste, en définitive, à établir à l'entrée des cours spéciaux le concours d'admission à l'école des mines, sauf à dispenser de ce concours les plus forts des élèves des cours préparatoires, ainsi que les élèves de l'école polytechnique.

Une solution, plus simple et bien préférable à tous égards, est celle qui placerait à l'entrée des cours préparatoires le concours d'admission à l'école des mines. Suivant les résultats des examens

(*) Volume de 1890, p. 270.

(**) Volume de 1894, p. 91.

de fin d'année, les élèves des cours préparatoires passeraient dans les cours spéciaux, redoubleraient l'année préparatoire ou seraient exclus de l'école.

Les élèves externes entreraient à l'école des mines par les cours préparatoires.

Une exception serait faite toutefois en faveur des élèves de l'école polytechnique qui seraient admis, au vu de leurs notes, jusqu'à concurrence d'un nombre déterminé.

Les modifications que je viens d'avoir l'honneur de vous exposer nécessitent la revision des articles 25 à 30 du décret du 18 juillet 1890. Divers autres articles de ce décret ont, en outre, besoin de subir quelques changements dont l'expérience a révélé l'utilité.

Si vous voulez bien donner votre approbation aux modifications dont il s'agit, je vous serai obligé, Monsieur le Président, de revêtir de votre signature le projet de décret ci-joint, qui remplacera les décrets des 18 juillet 1890 et 20 mars 1894.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mon profond respect.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu le décret du 18 juillet 1890, modifié par le décret du 20 mars 1894 et portant organisation de l'école nationale supérieure des mines,

Décrète :

TITRE I^{er}.

INSTITUTION DE L'ÉCOLE.

Art. 1^{er}. — L'école nationale supérieure des mines a pour but de former les élèves-ingénieurs appelés à recruter le corps national des mines et de donner l'enseignement aux élèves externes qui veulent obtenir le diplôme supérieur d'ingénieur civil des mines, que confère cette école.

L'école reçoit, en outre, des élèves étrangers.

Elle est placée dans les attributions du ministre des travaux publics.

Art. 2. — L'enseignement de l'école a pour objet spécial l'exploitation et le traitement des substances minérales.

Il a également pour objet l'étude des machines et des appareils à vapeur, l'exploitation et le matériel des chemins de fer, la recherche, la conservation et l'aménagement des sources d'eau minérales et, en général, les connaissances qui se rattachent à l'industrie minérale.

Un enseignement préparatoire comprend, en outre, les sciences nécessaires aux élèves ne sortant pas de l'école polytechnique pour aborder l'enseignement spécial.

Art. 3. — L'enseignement de l'école est gratuit.

Art. 4. — Il est établi à l'école des mines :

1° Un musée composé de collections relatives aux sciences et arts qui intéressent l'industrie minérale ;

2° Un bureau d'essais chargé de l'analyse chimique des substances employées ou produites dans l'industrie minérale.

Les jours et heures et les conditions d'admission du public au musée, ainsi que les conditions dans lesquelles le bureau d'essais opère l'analyse des substances qui lui sont apportées, sont réglées par des arrêtés ministériels.

Art. 5. — Le musée de l'école des mines comprend des collections de :

Minéralogie, paléontologie, géologie générale, gîtes minéraux, géologie départementale, exploitation des mines, machines, métallurgie, chimie industrielle, etc.

TITRE II.

PERSONNEL DE L'ÉCOLE.

SECTION 1.

Direction et inspection.

Art. 6. — L'école est dirigée par un inspecteur général de 1^{re} classe au corps des mines, qui a le titre de directeur de l'école.

Un ingénieur en chef des mines ou un inspecteur général de 2^e classe est chargé, sous l'autorité du directeur, de la direction des études et des détails de l'administration. Il porte le titre d'inspecteur de l'école.

Les propositions importantes touchant l'instruction, le régime et la discipline sont, avant d'être soumises à l'approbation du

ministre, délibérées par un conseil qui porte le titre de conseil de l'école.

Art. 7. — Le directeur de l'école est chargé d'assurer l'exécution des règlements; il rend compte au ministre de tout ce qui regarde l'instruction, la police et l'administration de l'école.

Il dirige les services annexes qui peuvent être rattachés à l'école.

Art. 8. — L'inspecteur est chargé spécialement de tous les détails de l'instruction.

Il exerce une surveillance journalière sur toutes les parties du service; il rend compte au directeur et, quand il y a lieu, au conseil, des faits qui intéressent l'instruction, l'ordre et la discipline.

Il est chargé de la comptabilité de l'école et de celle du bureau d'essais.

Il est conservateur de la bibliothèque et des collections.

Art. 9. — Le directeur et l'inspecteur sont nommés par décret.

SECTION II.

Professeurs, répétiteurs et maîtres attachés à l'enseignement. — Personnel attaché à la garde des collections et au bureau d'essais.

Art. 10. — Les chaires constituant l'enseignement spécial sont celles de : exploitation des mines, métallurgie, analyse minérale, chimie industrielle minérale, minéralogie, paléontologie, géologie générale, géologie appliquée, machines, chemins de fer, construction, électricité industrielle, législation, économie industrielle.

Ces cours sont complétés par des leçons de paléontologie végétale, pétrographie, construction des machines, topographie.

Les chaires sont confiées à des professeurs.

Un professeur peut être exceptionnellement chargé de deux chaires.

Des leçons peuvent être faites par d'autres personnes que les professeurs.

Art. 11. — Le professeur d'analyse minérale est directeur du laboratoire de l'école.

La direction du bureau d'essais peut être confiée par le ministre à ce professeur ou au professeur de chimie industrielle.

Art. 12. — Le personnel chargé de l'enseignement comprend : un chef des travaux chimiques, un chef des travaux graphiques, un maître de langue allemande, un maître de langue anglaise.

Art. 13. — Les nouvelles chaires qu'il pourrait être utile de

créer ultérieurement seront instituées par décret, après avis du conseil de l'école.

Art. 14. — Dans le cas de nécessité constatée et sur la demande du conseil de l'école, il peut être décidé, par arrêtés du ministre, qu'un ou plusieurs professeurs adjoints ou répétiteurs seront attachés à l'enseignement d'un quelconque des cours spéciaux ou préparatoires.

Art. 15. — Les matières enseignées dans les cours préparatoires sont fixées par arrêté ministériel, sur la proposition du conseil de l'école.

Art. 16. — Chaque professeur de l'enseignement spécial est conservateur adjoint, sous l'autorité de l'inspecteur, de la collection du musée correspondant au cours qui lui est confié.

Le professeur de géologie appliquée est conservateur adjoint, dans les mêmes conditions, de la collection de gîtes minéraux et de celle de géologie départementale.

Des attachés, des préparateurs et des aides-préparateurs peuvent être désignés pour une ou plusieurs des collections.

Art. 17. — Les professeurs, professeurs-adjoints et répétiteurs de l'enseignement spécial ou de l'enseignement préparatoire, ainsi que les personnes chargées de leçons, sont pris parmi les membres du corps des mines, du corps des ponts et chaussées, du conseil d'Etat ou de l'Institut de France ; ils sont nommés par le ministre, sur une liste de deux candidats dressée, pour chaque place vacante ou créée, par le conseil de l'école.

Le chef des travaux chimiques, le chef des travaux graphiques et les maîtres de langues étrangères sont nommés par le ministre, sur la présentation du conseil de l'école ; les attachés, préparateurs et aides-préparateurs sont nommés par le ministre, sur la proposition du directeur.

Art. 18. — Les ingénieurs qui, par la spécialité de leurs travaux, ont acquis des connaissances exceptionnelles sur quelques parties de la science de l'ingénieur peuvent être appelés par le ministre, sur la proposition du conseil de l'école, à venir temporairement faire des conférences aux élèves sur ce sujet.

SECTION III.

Fonctionnaires et agents de l'administration.

Art. 19. — Sont attachés à l'école :

Un officier surveillant, un médecin, un secrétaire régisseur, un

bibliothécaire et le nombre d'employés et hommes de service permanents jugés nécessaires, tant pour l'enseignement que pour les services annexes rattachés à l'école.

Les fonctionnaires et agents permanents sont nommés par le ministre, sur la proposition du directeur de l'école.

Les agents auxiliaires, ou ceux qu'il y aurait lieu d'employer temporairement, sont choisis par le directeur de l'école, sur la proposition de l'inspecteur.

TITRE III.

DU CONSEIL.

Art. 20. — Le conseil de l'école est composé :

Du directeur et de l'inspecteur de l'école ;

De trois inspecteurs généraux des mines, désignés par le conseil général des mines ;

Et des professeurs de l'enseignement spécial.

Il est présidé par le ministre et, en son absence, par le directeur de l'école.

En l'absence du ministre et du directeur, la présidence est dévolue au plus ancien des inspecteurs généraux.

L'inspecteur de l'école est secrétaire du conseil.

Les professeurs de l'enseignement préparatoire et les ingénieurs chargés de leçons sont appelés au conseil pour la discussion des questions touchant à l'enseignement qui leur est confié ; ils ont alors voix délibérative.

Les professeurs de l'enseignement préparatoire ont droit de suffrage dans les élections qui se rattachent à cet enseignement.

Art. 21. — Le conseil se réunit, sur la convocation du ministre ou du directeur de l'école, aussi souvent qu'il en est besoin et au moins une fois tous les deux mois pendant la durée des cours.

Pour délibérer, la moitié plus un des membres du conseil est nécessaire.

En cas de partage, la voix du président est prépondérante.

Art. 22. — Le conseil est nécessairement appelé à délibérer sur les questions intéressant l'état des élèves et, en particulier, sur les propositions de retard, d'avancement ou d'exclusion définitive de l'école.

Il arrête les listes de classement de passage et de sortie, ainsi que la liste des prix à délivrer, s'il y a lieu ; les décisions qu'il

rend en ces matières ne sont susceptibles d'être réformées que pour fausse application des règlements.

Il discute et soumet à l'approbation du ministre les programmes d'admission, ainsi que ceux des cours et leçons et les règles à appliquer pour l'appréciation du travail des élèves.

Il donne son avis sur toutes les autres questions se rapportant à l'école qui peuvent lui être déférées tant par l'administration de l'école que par le ministre, ou qui seraient présentées par un membre du conseil, après communication préalable par celui-ci à l'administration de l'école.

Art. 23. — Les délibérations du conseil sont soumises à l'approbation du ministre.

TITRE IV.

DES ÉLÈVES.

Art. 24. — Les élèves-ingénieurs sont pris exclusivement parmi les élèves de l'école polytechnique, conformément aux lois et règlements qui régissent ladite école.

Ils sont nommés par décret.

En outre du traitement auquel ils ont droit, ils reçoivent, pour leurs voyages d'instruction, une entrée en campagne et une indemnité journalière.

Art. 25. — La demande d'admission à titre d'élève externe doit être adressée au ministre des travaux publics dans les délais et conditions fixés par arrêté ministériel.

Art. 26. — Tout candidat à titre d'élève externe doit être Français ou naturalisé Français ; il doit avoir dix-sept ans révolus et moins de vingt et un ans au 1^{er} janvier de l'année dans laquelle il se présente au concours ; la limite d'âge est reculée d'une, de deux ou de trois années, si le candidat a fait une, deux ou trois années de service militaire.

Art. 27. — Sauf l'exception faite en faveur des élèves de l'école polytechnique par l'article 30, les élèves externes entrent à l'école nationale supérieure des mines par les cours préparatoires.

L'admission à ces cours a lieu par voie de concours.

Les conditions de ce concours sont fixées par arrêté ministériel.

Le ministre arrête chaque année et fait connaître, par la voie du *Journal officiel*, l'époque du concours et le nombre maximum des admissions à prononcer.

Art. 28. — A la suite des examens, la liste de classement est

adressée immédiatement au ministre avec les notes des examinateurs et les propositions du conseil.

Le ministre arrête la liste d'admission et la transmet d'urgence au directeur de l'école pour que celui-ci puisse établir à temps les certificats à produire par les élèves à l'autorité militaire, en conformité du règlement d'administration publique du 23 novembre 1889.

Art. 29. — Un arrêté ministériel détermine les conditions dans lesquelles les élèves externes passent des cours préparatoires dans les cours spéciaux, redoublent l'année préparatoire ou sont exclus de l'école.

Art. 30. — En outre des élèves admis aux cours spéciaux en conformité de l'article précédent, le ministre peut, sur la proposition du conseil, admettre directement à ces cours, à titre d'élèves externes, des élèves de l'école polytechnique ayant satisfait aux examens de sortie de cette école, soit dans l'année précédente, soit dans l'année même s'ils n'ont pas à faire une année de service militaire. Le nombre des élèves à admettre ainsi est déterminé d'après les places disponibles et les notes obtenues à la sortie de l'école polytechnique.

Ces élèves sont provisoirement classés à la suite de ceux venant des cours préparatoires.

Art. 31. — Les élèves étrangers peuvent se présenter soit aux cours préparatoires, soit aux cours spéciaux.

Ils adressent leur demande d'admission au ministre des travaux publics par l'intermédiaire du ministère des affaires étrangères, après l'avoir soumise à l'agrément du représentant de leur gouvernement à Paris.

Ils subissent, avant la rentrée, un examen destiné à faire connaître s'ils sont aptes à suivre les cours visés sur leur demande.

Il est statué sur leur admission par le ministre, sur les propositions du conseil.

Le nombre des admissions reste subordonné aux places disponibles dans les salles de cours; en outre, les élèves étrangers n'obtiennent de places au laboratoire ou dans les salles de dessin que s'il en reste de disponibles.

Art. 32. — Le directeur de l'école peut autoriser en dehors des élèves, sous la dénomination d'auditeurs libres, des personnes françaises ou étrangères à suivre les leçons de certains cours non publics.

Les personnes de nationalité étrangère doivent faire apostiller leur demande par le représentant de leur gouvernement à Paris,

et celles des pays de protectorat par le ministre de qui dépend l'administration de leur pays.

Cette autorisation, toujours révocable, reste soumise à l'observation des règlements intérieurs édictés par le ministre ou par le directeur de l'école.

Les auditeurs libres ne participent pas aux exercices pratiques, ne subissent aucun examen et n'obtiennent ni diplôme, ni certificat. Ils ne peuvent, sous aucun prétexte, prendre le titre d'élèves de l'école.

TITRE V.

INSTRUCTION.

Art. 33. — Le système d'instruction à l'école se compose de deux parties :

L'enseignement de l'école proprement dit ;
Des voyages d'instruction.

Art. 34. — Le cours complet d'études, en dehors de l'enseignement préparatoire, a une durée de trois ans.

Art. 35. — L'enseignement de l'école comprend :

1° Des leçons orales données par les professeurs ;

2° Des exercices pratiques consistant en :

Travaux chimiques, et spécialement analyses de substances minérales et de produits métallurgiques ;

Travaux de minéralogie et de pétrographie ;

Études sur les collections spéciales mises dans ce but à la disposition des élèves ;

Dessins et projets relatifs au cours d'exploitation des mines, de métallurgie et de machines ;

Levers de machines ;

Levers de plans superficiels et souterrains ;

Visites industrielles ;

Courses géologiques.

Art. 36. — Les élèves-ingénieurs et les élèves externes admis aux cours spéciaux suivent tous les cours, leçons et conférences ; ils participent à tous les exercices pratiques et subissent tous les examens.

Ils doivent tous suivre un des deux cours de langue vivante, allemand ou anglais, et peuvent, en outre, suivre l'autre.

Art. 37. — Le ministre peut rendre publics certains cours de l'enseignement spécial.

Art. 38. — Les cours et les études de l'intérieur de l'école commencent et se terminent aux dates fixées par le ministre.

Art. 39. — Le ministre règle, sur la proposition du conseil, la répartition des matières à enseigner dans chacune des trois années, le nombre, ainsi que les jours et heures des leçons.

Art. 40. -- La période des cours est immédiatement suivie de celle des examens de fin d'année.

Les examens sont faits et notés pour chaque matière par le professeur ou la personne chargée des leçons sur lesquelles porte l'interrogation ; tout membre du conseil peut y assister.

Art. 41. — Les voyages d'instruction ont lieu après les cours et études de l'intérieur de l'école, dans les conditions fixées par arrêté ministériel.

TITRE VI.

RÉGIME DE L'ÉCOLE.

SECTION I.

Discipline.

Art. 42. — Les règlements pour le régime intérieur de l'école sont arrêtés par le ministre, sur la proposition du conseil de l'école.

Art. 43. — Les peines disciplinaires qui peuvent être infligées aux élèves sont :

1° La réprimande prononcée soit en particulier, soit en présence de leurs camarades, par les professeurs, par l'inspecteur et par le directeur de l'école ;

2° L'exclusion temporaire des salles d'étude et du laboratoire ;

3° L'exclusion temporaire de l'école ;

4° La mise à l'ordre de l'école ;

5° La censure par le conseil, avec ou sans mise à l'ordre de l'école ;

6° Le retard d'avancement de classe ;

7° L'exclusion définitive de l'école.

L'exclusion temporaire des salles d'étude et de laboratoire et l'exclusion temporaire de l'école peuvent être infligées par le directeur et par l'inspecteur. La durée de la peine ne peut dépasser quinze jours, si elle est infligée par le directeur ; huit jours, si elle est infligée par l'inspecteur. Il est rendu compte au ministre de toute interdiction dépassant dix jours.

L'application de ces peines ne dispense l'élève d'aucune des obligations auxquelles il doit satisfaire pour être admissible à la classe supérieure à la fin des cours.

La mise à l'ordre de l'école est ordonnée, selon les cas prévus par les règlements, par l'inspecteur, le directeur, le conseil ou le ministre.

La censure est notifiée à l'élève en séance du conseil. Le conseil décide si elle doit être mise à l'ordre de l'école.

Le retard d'avancement de classe est prononcé, sur la proposition du conseil, par décision du ministre.

L'exclusion définitive est prononcée, de l'avis du conseil de l'école, par décret pour les élèves-ingénieurs, et par décision ministérielle pour les élèves externes.

Dans le cas pouvant entraîner l'exclusion définitive, l'élève inculpé est toujours préalablement admis à présenter ses motifs de défense devant le conseil de l'école.

SECTION II.

Classement de passage et sortie de l'école.

Art. 44. — Le classement des élèves est arrêté, dans chaque promotion, par le conseil de l'école, à la fin des cours.

Il est fait séparément pour les élèves-ingénieurs et pour les élèves externes.

Le rang de classement est déterminé par le nombre des points obtenus pour les examens, exercices et voyages, tant dans l'année courante que dans les années précédentes des cours spéciaux, d'après les conditions fixées par arrêté ministériel.

Il est tenu compte, pour le classement, de l'assiduité aux cours et aux exercices dans les conditions fixées par arrêté ministériel.

Art. 45. — Le passage des élèves d'une année à l'autre, ou la sortie de l'école, ne peuvent avoir lieu que si l'on a satisfait, pour l'année, aux conditions fixées par l'arrêté ministériel, sans que ces conditions puissent permettre d'avoir moins de 50 p. 100 du total des points qui peuvent être acquis dans l'année.

Art. 46. — En cas de maladie ou de toutes circonstances graves et exceptionnelles ayant occasionné une suspension forcée de travail, le ministre peut, sur la proposition du conseil, autoriser un élève à redoubler une année.

Art. 47. — Le classement final des élèves-ingénieurs a lieu après la remise de tous les travaux de voyage.

Les élèves-ingénieurs ayant complété leurs cours d'études con-

formément aux règlements de l'école sont nommés ingénieurs ordinaires de 3^e classe. Toutefois, ceux qui auraient été dispensés de leur troisième année de service militaire pour défaut d'aptitude physique ne recevront ce grade que l'année suivante. Ils seront classés, à raison de leur nombre de points, dans la promotion de l'école polytechnique à laquelle ils appartenaient.

Ils sont à la disposition du ministre pour faire fonctions, s'il y a lieu, d'ingénieur ordinaire.

Les élèves promus ingénieurs choisissent, dans l'ordre du classement, parmi les emplois qui leur sont offerts, sans toutefois que leur choix puisse porter sur une résidence située dans le département où demeure leur famille.

Art. 48. — Le classement final des élèves externes a lieu à la fin des examens de troisième année.

Le diplôme supérieur « d'ingénieur civil des mines » est délivré par le ministre à ceux qui ont satisfait aux conditions de l'arrêté ministériel prévu à l'article 43 et qui ont obtenu au moins 65 p. 100 du total des points qui peuvent être acquis dans tout le cours de l'enseignement spécial.

Ceux qui ont simplement satisfait aux conditions dudit arrêté ministériel ne reçoivent du directeur qu'un certificat d'études sur lequel seront inscrites les notes obtenues pour les examens et les exercices pratiques.

Art. 49. — Les élèves étrangers qui n'ont pas été exclus pour insuffisance de notes reçoivent du directeur de l'école un certificat d'études sur lequel sont inscrites les notes par eux obtenues pour les examens et les exercices auxquels ils ont pris part.

Ceux d'entre eux qui ont satisfait à toutes les épreuves dans les conditions exigées des élèves français obtiennent du ministre, comme ces derniers, le diplôme supérieur défini à l'article précédent.

TITRE VII.

DISPOSITIONS TRANSITOIRES ET DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 50. — Des règlements arrêtés par le ministre fixeront les détails d'application de toutes les dispositions qui précèdent.

Art. 51. — Sont abrogés les décrets du 18 juillet 1890 et du 20 mars 1894, ainsi que toutes dispositions contraires au présent décret.

Par exception aux dispositions de l'article 16 du présent décret,

le ministre peut continuer à maintenir dans leur service, comme conservateurs adjoints des collections, à la place des professeurs, les conservateurs adjoints non professeurs actuellement en exercice.

Art. 52. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 18 octobre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Arrêté ministériel, du 19 octobre 1896, portant règlement pour le régime intérieur de l'École nationale supérieure des mines.

Le ministre des travaux publics,

Vu les délibérations du conseil de l'école nationale supérieure des mines, en date des 17 et 22 octobre 1895 :

Vu l'arrêté ministériel du 21 juillet 1890 (*) ;

Vu le décret du 18 octobre 1896 (**), portant réorganisation de l'école nationale supérieure des mines ;

Sur la proposition du directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

RENTÉE DE L'ÉCOLE.

Art. 1^{er}. — La réouverture des cours de l'école nationale supérieure des mines a lieu dans les premiers jours de novembre, à une date fixée, chaque année, par le ministre des travaux publics.

Les élèves nouvellement admis doivent se présenter au secrétariat pour s'y faire inscrire et donner tous les renseignements qui leur seront demandés, notamment leur adresse et celle de leurs parents ou correspondants.

Art. 2. — Les élèves externes et les auditeurs libres remettent entre les mains du secrétaire-régisseur une somme de 50 francs qui est conservée à leur nom sous le titre de « masse », pour

(*) Volume de 1890, p. 292.

(**) Voir *suprà*, p. 540.

garantie de dégâts. En cas d'épuisement de cette somme au cours de la scolarité, il sera réclamé au même titre un nouveau versement de 50 francs. La portion non dépensée de ces sommes est remboursée à chacun à sa sortie de l'école. Les élèves-ingénieurs sont seuls dispensés du versement d'une masse, les sommes dues pour dégâts devant être retenues sur leur traitement.

Tous les élèves titulaires reçoivent des cartes d'admission aux cours ; en cas de démission ou d'exclusion, ils doivent les rendre au secrétariat.

COURS SPÉCIAUX.

Art. 3. — Les élèves-ingénieurs et les élèves externes travaillent dans les salles de dessin, les laboratoires, les collections ou la bibliothèque.

Dès le jour de la rentrée, chacun se fait inscrire, sur une liste ouverte par l'officier surveillant à la bibliothèque, pour celui des cours de langues étrangères qu'il sera tenu de suivre. Il fait savoir, en même temps, s'il désire user de la faculté de suivre un cours de l'autre langue vivante.

Ceux des élèves étrangers qui ne désirent concourir que pour un certificat d'études partielles ont à faire connaître par une déclaration écrite les cours qu'ils demandent à suivre et sur lesquels ils auront à subir les examens de fin d'année. Les élèves étrangers ne suivent pas les cours de langues étrangères.

LEÇONS.

Art. 4. — Les cours professés en première année sont ceux de :

- Exploitation des mines ;
- Métallurgie ;
- Analyse minérale ;
- Chimie industrielle minérale ;
- Minéralogie ;
- Paléontologie.

Il est fait, de plus, des leçons de paléontologie végétale.

Les cours professés en seconde année sont ceux de :

- Métallurgie ;
- Analyse minérale ;
- Géologie générale ;
- Machines ;
- Chemins de fer.

Il est fait, de plus, des leçons de topographie et de pétrographie.

Les cours professés en troisième année sont ceux de :

Géologie appliquée ;
Construction ;
Électricité industrielle ;
Législation ;
Économie industrielle.

Il est fait, de plus, des leçons sur la construction des machines.

Les leçons de langues vivantes sont communes aux trois années ; les élèves sont répartis, suivant leur force, entre le cours supérieur et le cours inférieur d'allemand ou d'anglais.

Art. 5. — Le jour et l'heure réguliers de chaque leçon sont indiqués sur un tableau qui reste constamment affiché à l'intérieur de l'école ; les modifications qui peuvent survenir sont également annoncées par voie d'affiches.

Les cours de minéralogie, de géologie générale et de paléontologie, ainsi que les leçons de paléontologie végétale, sont publics.

EXAMENS ET COEFFICIENTS.

Art. 6. — Les notes d'examens sont échelonnées de 0 à 20. Dans les notes d'examens pour lesquels serait faite une épreuve écrite, cette épreuve compte pour un tiers, et l'épreuve orale pour deux tiers dans la note d'ensemble de l'examen. Celle-ci est affectée d'un coefficient spécial.

Le produit de ce coefficient par la note de mérite obtenue dans un examen donne le nombre de points à attribuer à l'élève.

Il en est de même des notes obtenues pour les exercices pratiques et pour les comptes rendus, journaux et mémoires de voyage.

Des interrogations peuvent être faites au cours de l'année, dans les conditions stipulées par un arrêté ministériel spécial ; il est tenu compte du résultat de ces interrogations pour la note de fin d'année dans les conditions fixées par ledit arrêté.

Art. 7. — Les examens de fin d'année des cours spéciaux portent exclusivement sur les parties de l'enseignement professées pendant le cours de la session scolaire.

Pour les branches d'instruction qui comprennent deux années d'études et donnent ainsi lieu à deux examens, chacun de ces examens est affecté d'un coefficient particulier, indépendant du résultat de l'autre épreuve ; les points de mérite obtenus dans une année sont ajoutés sans modification aux notes accordées pour l'année suivante.

Art. 8. — Les coefficients suivants sont attribués aux divers examens et exercices pratiques :

Cours d'exploitation des mines :

1^{re} année..... 5

Cours de métallurgie :

1^{re} année..... 4

2^e année..... 4

Cours d'analyse minérale :

1^{re} année..... 3

2^e année..... 3

Cours de chimie industrielle minérale :

1^{re} année..... 3

Cours de minéralogie :

1^{re} année..... 5

Cours de paléontologie :

1^{re} année..... 2 1/2

Leçons de paléontologie végétale :

1^{re} année..... 1/2

Cours de géologie générale :

2^e année 4

Cours de machines :

2^e année..... 4

Cours de chemins de fer :

2^e année..... 4

Leçons de topographie et exercices de lever de plans :

2^e année 2

Leçons de pétrographie :

2^e année..... 1

Cours de géologie appliquée :

3^e année..... 4

Cours de construction :

3^e année..... 2

Cours d'électricité industrielle :

3^e année..... 3

Cours de législation :

3^e année..... 4

Cours d'économie industrielle :

3^e année..... 3

Leçons de constructions de machines :

3^e année..... 2

Leçons de langues vivantes :

1 ^{re} année.....	1
2 ^e année.....	1
3 ^e année.....	1

Exercices de chimie :

1 ^{re} année.....	1
2 ^e année.....	3
3 ^e année.....	2

Dessins, projets et concours d'exploitation :

1 ^{re} année.....	1
2 ^e année.....	1
3 ^e année.....	3

Dessins, projets et concours de métallurgie :

1 ^{re} année.....	2
2 ^e année.....	1
3 ^e année.....	3

Dessins, projets et concours de machines :

2 ^e année.....	2
3 ^e année.....	3

Journaux de voyage :

Après la 1 ^{re} année.....	2
Après la 2 ^e année.....	4

Journaux et mémoires de voyage après la 3^e année :

Journal.....	3
1 ^{re} mémoire.....	3
2 ^e mémoire.....	3

Les élèves de première année qui, dans l'examen de minéralogie, n'auront pas obtenu au moins la note 15 seront astreints à subir à la fin de la seconde année un nouvel examen sur cette matière. La note du premier examen sera alors affectée du coefficient 2; celle du second, du coefficient 3.

Art. 9. — Tout élève qui, sans empêchement légitime, fait défaut à un examen au jour qui lui est assigné, reçoit la note zéro pour cet examen.

S'il s'est présenté au jour indiqué, mais trop tard pour subir son examen au rang qui lui avait été assigné, et que néanmoins l'examen lui soit accordé, il lui sera retranché un certain nombre de points d'assiduité, à déterminer dans chaque cas, par le directeur, sur la proposition de l'inspecteur.

Art. 10. — Les époques fixées pour la remise des divers travaux d'élèves (procès-verbaux d'analyse, dessins, projets ordinaires ou projets de concours, comptes rendus, journaux et mémoires de

voyage, etc.) sont de rigueur. En conséquence, tout retard dans la remise entraînera une retenue sur la note de mérite, calculée à raison d'un point pour chaque jour de retard.

Art. 11. — Indépendamment de l'examen qu'il doit subir sur la langue vivante obligatoire pour laquelle il est inscrit, chaque élève peut, sur sa demande, être examiné aussi pour l'autre langue vivante; si la note qu'il obtient pour la langue facultative ne dépasse pas 12, il n'en est tenu aucun compte : si elle est supérieure à 12, la moitié de l'excédent est ajoutée à la note de la langue obligatoire, sans toutefois que le total puisse dépasser 20.

EXERCICES PRATIQUES.

Art. 12. — Les élèves de première et de deuxième année travaillent, par séries alternatives, dans les laboratoires et dans les salles de dessin pendant toute la durée de l'année scolaire.

Les élèves de troisième année exécutent, au laboratoire, des analyses de concours et, dans les salles de dessin, des projets de concours d'exploitation des mines, de métallurgie et de machines.

Les travaux de laboratoire sont complétés par des procès-verbaux destinés à faire connaître les recherches faites et les résultats obtenus.

Les projets de toute catégorie comprennent des planches de dessin et des mémoires. Ces deux éléments entrent avec une importance égale dans la fixation de la note de mérite.

Art. 13. — Vers la fin de l'année, les élèves visitent différents ateliers et usines, à Paris ou aux environs, sous la direction de professeurs et avec le concours, s'il y a lieu, d'industriels anciens élèves de l'école.

Art. 14. — Ils font, sous la conduite des professeurs, des excursions géologiques dans les environs de Paris et, en outre, une grande course d'une durée de huit jours dans une région plus éloignée. La présence à ces excursions et à cette course est obligatoire pour les élèves-ingénieurs des trois promotions et pour les élèves externes de deuxième année qui suivent le cours de géologie.

L'absence non justifiée entraîne une perte de points d'assiduité calculée à raison de 1 point par jour d'absence.

Art. 15. — A la suite des examens de la première année, les élèves restent pendant deux mois à Paris : le premier mois pour s'exercer aux analyses chimiques et suivre le cours de topogra-

phie ; le second mois pour s'exercer au lever des plans superficiels et souterrains.

VOYAGES.

Art. 16. — Après les exercices de l'école et avant la rentrée, les élèves-ingénieurs de première année doivent aller passer un mois dans un district minier et métallurgique de France ; ils sont placés sous la direction de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique, dont ils doivent aller prendre les instructions dès leur arrivée.

Les élèves externes de première année doivent faire un voyage d'instruction ou, de préférence, un séjour d'un mois dans un district minier et métallurgique de la France ou de la Belgique.

Chaque élève doit, le jour même de la rentrée à l'école, remettre entre les mains de l'officier surveillant, à la bibliothèque, un journal détaillé de son voyage.

Art. 17. — Après les examens de la deuxième année, les élèves-ingénieurs font, d'après un programme arrêté par le ministre des travaux publics, sur leur proposition et l'avis du conseil de l'école, un voyage de cent jours, dont la moitié au moins en France ; pour cette partie de leur voyage, ils sont placés sous la direction des ingénieurs en chef dans les conditions de l'article 16.

Les élèves externes consacrent environ trois mois à un second voyage d'instruction ; une partie (un mois au moins) doit avoir lieu en France ou en Belgique ; le reste peut être fait dans un pays étranger, lorsque les élèves en possèdent assez bien la langue.

Le journal de voyage doit être remis le jour de la rentrée.

Art. 18. — Après les examens de la troisième année, les élèves-ingénieurs doivent encore faire un voyage d'instruction d'une durée de cent jours, suivant un programme arrêté par le ministre, sur leur proposition et l'avis du conseil. Ce voyage a toujours lieu à l'étranger, à moins d'exception spécialement autorisée par le conseil. Chacun doit remettre, le jour de la rentrée, un journal de voyage et, avant le 31 décembre, deux mémoires sur des sujets approuvés ou désignés à l'avance par le conseil de l'école.

Art. 19. — Pour la rédaction des comptes rendus, journaux et mémoires, les élèves doivent se conformer aux instructions de détail qui leur sont distribuées avant leurs voyages.

CLASSEMENT.

Art. 20. — Le passage d'un élève d'une année à l'autre, ou sa sortie de l'école, ne peut être autorisé que s'il a obtenu 55 p. 100 au moins du total des points qui peut être acquis dans l'année.

Il faut, en outre, que le total de ses trois moindres notes de l'année ne soit pas inférieur à 24.

Tout élève français ou étranger qui ne satisfait pas à ces deux conditions cesse de plein droit de faire partie de l'école, étant entendu que pour l'élève étranger le total des points s'applique aux cours et exercices qu'il doit suivre.

Toutefois, le ministre peut toujours sur la proposition du conseil autoriser un élève-ingénieur à redoubler une année.

Si une seule note descend à 8, il appartient au conseil d'apprécier s'il y a lieu de déclarer l'exclusion ou de provoquer soit le redoublement complet de l'année, soit un redoublement, à la fin de l'année suivante, de l'examen jugé insuffisant.

L'élève français ou étranger exclu de l'école par application du présent article ne peut plus y être admis.

PRIX.

Art. 21. — Le conseil peut attribuer, dans la limite des crédits inscrits à cet effet au budget de l'école, des prix aux élèves-ingénieurs de troisième année qui se seraient particulièrement distingués par leur moyenne générale ou leurs connaissances exceptionnelles dans l'une des matières.

Ces prix consistent, au choix des attributaires, en instruments ou livres de science désignés par eux.

BIBLIOTHÈQUE.

Art. 22. — La bibliothèque de l'école des mines est ouverte aux élèves et aux personnes autorisées par le directeur ou par l'inspecteur de l'école, de neuf heures du matin à six heures du soir, à partir du 1^{er} octobre jusqu'au 31 juillet suivant ; elle est ouverte d'une heure à quatre heures, depuis le 1^{er} août jusqu'au 30 septembre, sans préjudice du service auquel continue à être astreint le personnel attaché à la bibliothèque.

Art. 23. — Aucun ouvrage ne peut sortir de la bibliothèque, à moins d'une autorisation spéciale et écrite du directeur ou de

l'inspecteur de l'école. L'ouvrage ainsi prêté doit être rapporté le lendemain avant neuf heures du matin.

Art. 24. — Les ouvrages mis entre les mains des élèves, même à l'intérieur de la bibliothèque, doivent être rendus au bibliothécaire ou au gardien de service de la bibliothèque et ne pas être laissés sur les tables. Le bibliothécaire pourra refuser des livres à tout élève qui se montrerait négligent à cet égard.

Art. 25. — Le règlement spécial de la bibliothèque, affiché dans la salle de lecture, règle les détails du service de cette annexe de l'école.

COLLECTIONS.

Art. 26. — Les collections qui constituent le musée de l'école sont ouvertes aux élèves et au public trois fois par semaine pendant tout le cours de l'année : le mardi, le jeudi et le samedi, d'une heure à quatre heures.

En outre, les élèves de l'école y sont admis exceptionnellement tous les jours pendant les dernières semaines qui précèdent leurs examens.

Art. 27. — Des collections spéciales de minéralogie, de paléontologie et de géologie sont laissées à la disposition des élèves, dans une salle particulière, pendant toute la durée de la session scolaire. Le remplacement des échantillons et les autres frais d'entretien de ces collections spéciales sont imputés sur la masse des élèves.

DISCIPLINE.

Art. 28. — Les élèves doivent être présents à l'école tous les jours, à l'exception des dimanches et fêtes désignées par affiches spéciales :

1° De neuf heures à onze heures du matin ;

2° De midi et demi à cinq heures du soir en général et jusqu'à six heures les jours où ont lieu les cours de langues pour lesquelles ils se sont fait inscrire. Ils peuvent rester facultativement, tous les jours, jusqu'à six heures à la bibliothèque et jusqu'à sept heures dans les salles de dessin.

Art. 29. — Chaque élève doit signer sur le registre de présence déposé dans le vestibule de la bibliothèque, en présence de l'officier surveillant ou de son suppléant, entre huit heures trois quarts et neuf heures du matin, entre midi un quart et midi et demi et entre quatre heures trois quarts et cinq heures du soir.

L'absence est constatée soit par le défaut de signature sur le

registre, soit par le contrôle effectué à des moments quelconques par l'officier surveillant, dans les amphithéâtres, les salles de dessin, les laboratoires et la bibliothèque.

Aucun élève, qu'il ait ou non signé, ne peut entrer dans la salle du cours, une fois la leçon commencée.

Art. 30. — Si un élève a des motifs légitimes à faire valoir pour quitter l'école avant l'heure réglementaire, il peut en obtenir l'autorisation de l'officier surveillant, qui inscrit aussitôt l'heure et le motif de l'absence et en rend compte à l'inspecteur.

Sauf le cas de maladie, aucun élève ne peut s'absenter un ou plusieurs jours sans l'autorisation du directeur ou de l'inspecteur de l'école.

Art. 31. — Lorsqu'un élève est malade ou indisposé sans garder la chambre, il peut se présenter au cabinet du médecin de l'école, aux jours et heures fixés à cet effet pour faire constater son état et recevoir, s'il le désire, des conseils sur le traitement à suivre.

Le médecin consigne sur un registre spécial la durée de l'interruption de travail qu'il peut y avoir lieu d'autoriser.

Si l'élève malade garde la chambre, il doit en informer immédiatement par écrit l'inspecteur de l'école. Un avis en est aussitôt adressé par ce dernier au médecin de l'école qui visite l'élève malade à domicile.

Les certificats de maladie donnés par le médecin de l'école ou contrôlés immédiatement par lui, avec date précise, sont seuls admis à faire foi devant l'administration ou le conseil de l'école, dans toutes les questions qui concernent le classement.

Art. 32. — Au commencement de chaque semaine, un tableau affiché dans l'école fait connaître le nombre des absences constatées pour chaque élève pendant la semaine précédente.

Au commencement de chaque mois, le nombre total des absences pendant les mois précédents est porté par la même voie à la connaissance des élèves.

Art. 33. — Il est tenu compte, pour le classement final, de l'assiduité aux cours et aux exercices pratiques. A cet effet, il est attribué à chaque élève quarante points d'assiduité pour chaque année scolaire. Une absence non justifiée entraîne la perte d'un point. Un retard de moins de dix minutes ne donne lieu qu'à une déduction d'un demi-point. Deux points sont retranchés pour absence au cours auquel l'élève s'est fait inscrire comme présent.

Tout élève qui, pour ce motif ou pour ceux formulés dans les

articles 9, 10 et 14 de ce règlement, arrive à perdre quarante points d'assiduité dans le cours d'une session, est immédiatement exclu de l'école.

Art. 34. — Tous les élèves sont tenus de prendre des notes aux cours. Ils doivent apporter leurs cahiers de notes aux examens oraux et les présenter aux examinateurs qui en tiennent compte, s'il y a lieu, dans la fixation des notes d'examen.

Art. 35. — Les élèves occupent aux amphithéâtres les places à eux attribuées par l'administration de l'école et indiquées sur un tableau affiché à la porte des salles de cours.

Leurs places dans les laboratoires et salles de dessin leur sont également assignées par l'administration de l'école.

Art. 36. — Pendant leur séjour à l'école, les élèves doivent éviter tout ce qui peut troubler l'ordre ou gêner le travail de leurs camarades.

Ils ne doivent attirer ou recevoir aucune personne étrangère à l'école dans les laboratoires, les salles de dessin ou autres lieux d'étude.

Le jeu est absolument interdit dans l'école. Les élèves qui contreviendraient à ces dispositions seraient l'objet des mesures les plus sévères.

Défense est faite de fumer, si ce n'est dans les laboratoires, en raison d'une tolérance spéciale toujours révocable.

Tout dégât commis dans une salle doit être réparé aux frais communs des élèves qui l'occupent, à moins que les auteurs du dégât ne soient connus, auquel cas les frais sont retenus sur la masse de ces derniers.

Art. 37. — Les élèves doivent accueillir avec déférence les observations qui pourraient leur être adressées par les professeurs, par les préparateurs des divers cours, le chef des travaux chimiques, le chef des travaux graphiques, le bibliothécaire, l'officier surveillant ou par les employés chargés accidentellement de les remplacer.

Art. 38. — Les élèves qui changent de domicile doivent, sans aucun retard, faire inscrire leur nouvelle adresse au secrétariat de l'école.

Art. 39. — L'administration de l'école fait connaître ses communications aux élèves au moyen d'ordres du jour ou avis affichés dans l'école.

Les élèves sont tenus de prendre, chaque jour, connaissance de ces documents et ne sont jamais admis à prétexter de leur ignorance à cet égard.

COURS PRÉPARATOIRES.

Art. 40. — L'enseignement préparatoire comprend les cours suivants :

Analyse et géométrie descriptive ;

Mécanique ;

Physique ;

Chimie générale ;

Et, en outre, des leçons de langue allemande ou anglaise.

Art. 41. — En dehors des heures de leçons, les élèves de l'année préparatoire sont occupés à divers travaux pratiques : dessin graphique, lavis, croquis cotés de pièces de machines ; enfin, manipulations chimiques au mois de mai, lorsque les élèves des cours spéciaux ont cessé d'occuper les laboratoires.

Ils doivent, en outre, à la bibliothèque et chez eux, compléter et étudier leurs notes de cours.

Art. 42. — Les coefficients suivants sont attribués aux divers examens et exercices pratiques :

Analyse et géométrie descriptive	3
Mécanique.....	3
Physique.....	3
Chimie générale.....	3
Travaux pratiques..	3
Langue étrangère.....	2

L'article 41 du présent règlement est applicable aux élèves des cours préparatoires.

Des interrogations pourront être faites, dans le courant de l'année, dans les conditions mentionnées au dernier paragraphe de l'article 6.

Art. 43. — L'absence aux examens à l'heure fixée, le retard dans la remise des travaux graphiques et autres sont soumis aux mêmes règles que pour les élèves des cours spéciaux (voir les articles 7, 9 et 10).

Art. 44. — La présence à l'école est obligatoire pour les élèves des cours préparatoires :

1° De neuf heures à onze heures du matin ;

2° De midi et demi jusqu'à quatre heures du soir ou jusqu'à la fin des cours de langues vivantes pour lesquels ils se sont fait inscrire, les jours où ces cours ont lieu.

La signature sur le registre de présence se donne trois fois par jour : entre huit heures trois quarts et neuf heures du matin ; entre midi un quart et midi et demi ; enfin, entre trois heures trois quarts et quatre heures du soir. En outre, la présence des élèves

est contrôlée à des moments quelconques par l'officier surveillant.

Art. 45. — Il est tenu compte des absences et des retards aux leçons, aux examens et aux exercices pratiques par la perte de points d'assiduité, comme il est dit aux articles 9, 10 et 33 du présent règlement. Il est attribué à chaque élève 30 points d'assiduité. Tout élève qui a perdu ces 30 points avant la fin de la session est immédiatement exclu de l'école.

Les articles 28 à 39 ci-dessus, relatifs à la discipline des cours spéciaux, sont d'ailleurs complètement applicables aux cours préparatoires.

Art. 46. — Après les examens de fin d'année, le classement des élèves français des cours préparatoires est arrêté par le conseil de l'école.

Ceux qui ont obtenu au moins 70 p. 100 du maximum des points passent directement dans les cours spéciaux.

Le ministre, sur la proposition du conseil, peut autoriser une seule fois le redoublement de l'année préparatoire pour ceux qui ont obtenu de 60 à 70 p. 100 au moins.

Le ministre prononce l'exclusion de ceux qui ont obtenu moins de 60 p. 100.

Art. 47. — Les élèves étrangers de l'année préparatoire n'ont pas à passer les examens de fin d'année. Ils subissent, dans la seconde quinzaine d'octobre, concurremment avec les candidats étrangers venus du dehors, les épreuves pour l'admission aux cours spéciaux.

Art. 48. — Est abrogé l'arrêté ministériel du 21 juillet 1890, portant règlement intérieur pour l'école.

Paris, le 9 octobre 1896.

TURREL.

Décret du Président de la République, du 19 octobre 1896, rendant exécutoire en France une déclaration additionnelle à la Convention internationale de Berne, du 14 octobre 1890, concernant le transport des marchandises par chemins de fer.

Le Président de la République française,
Sur la proposition du ministre des affaires étrangères,
Décrète :

Art. 1^{er}. — Une déclaration additionnelle à la Convention internationale du 14 octobre 1890 (*), sur le transport de marchandises

(*) Volume de 1894, p. 30.

par chemins de fer, ayant été signée à Berne le 20 septembre 1893, et les ratifications de cet acte ayant été déposées à Berne par tous les gouvernements signataires, les 16 juillet 1895 et 21 septembre 1896, ladite déclaration additionnelle, dont la teneur suit, recevra sa pleine et entière exécution.

DÉCLARATION.

Les gouvernements de la France, de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Hongrie, de la Belgique, de l'Italie, du Luxembourg, des Pays-Bas, de la Russie et de la Suisse, ayant jugé opportun de déterminer avec précision la procédure d'accession à la Convention signée à Berne le 14 octobre 1890, les soussignés, dûment autorisés à cet effet par leurs gouvernements, sont convenus de ce qui suit :

Les États qui n'ont pas pris part à la Convention du 14 octobre 1890, sur le transport de marchandises par chemin de fer, peuvent demander à y adhérer. Ils s'adresseront, à cet effet, au gouvernement suisse.

Ledit gouvernement transmettra cette demande à l'office central, pour examen, et il communiquera ensuite ses propositions aux États signataires.

Si l'accord s'établit, le gouvernement suisse donnera acte à l'État intéressé de l'acceptation de l'accession, qu'il notifiera également aux gouvernements signataires.

L'adhésion produira ses effets un mois après la date de la notification faite par le gouvernement suisse. Elle emporte de plein droit acceptation de toutes les clauses de la Convention.

La présente déclaration sera ratifiée et l'échange des ratifications aura lieu à Berne, aussitôt que faire se pourra, dans la forme adoptée pour la Convention elle-même.

Elle entrera en vigueur à dater du jour de l'échange des ratifications et aura la même durée que la Convention.

En foi de quoi, les soussignés ont dressé le présent acte, qu'ils ont revêtu de leurs cachets.

Fait à Berne, en neuf exemplaires, le 20 septembre 1893.

(LL. SS.) *Suivent les signatures.*

Art. 2. — Le ministre des affaires étrangères est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Rambouillet, le 19 octobre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République.:

Le Ministre des affaires étrangères,
G. HANOTAUX.

JURISPRUDENCE.

CONSEIL D'ÉTAT.

SOURCES D'EAU MINÉRALE. — APPLICATION DES LOIS DU 17 JUIN 1840
ET DU 14 JUILLET 1856.

Avis du 5 août 1896.

Les sections réunies de l'intérieur, des cultes, de l'instruction publique, des beaux-arts, — des travaux publics, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie et des postes et télégraphes, du conseil d'État qui, sur le renvoi ordonné par M. le ministre de l'intérieur, ont été consultées sur la question de savoir si une source d'eau salée concédée en vertu de la loi du 17 juin 1840 peut être déclarée d'intérêt public comme source d'eau minérale dans les conditions de la loi du 14 juillet 1856;

Vu la dépêche de M. le ministre de l'intérieur du 18 juin 1896;

Vu l'avis du comité consultatif d'hygiène publique de France, du 22 janvier 1894;

Vu l'avis du conseil général des mines du 27 décembre 1895;

Vu l'avis de M. le ministre des travaux publics du 14 janvier 1896 ;

Vu la loi du 17 juin 1840 sur le sel et le règlement d'administration publique du 7 mars 1841 ;

Vu la loi du 14 juillet 1856 sur la conservation des sources d'eaux minérales ;

Considérant que la propriété des sources salées et celle des sources minérales ont été constituées sur des bases différentes et que les lois spéciales qui les régissent présentent des dispositions inconciliables ;

Qu'ainsi, d'après l'article 4 de la loi du 17 juin 1840, la concession d'une source salée ne peut excéder un kilomètre carré, tandis que la loi du 14 juillet 1856 n'assigne aucune limitation à l'étendue du périmètre de protection qui peut être accordé aux sources minérales ;

Que, d'autre part, les dispositions de l'article 12 de la loi du 14 juillet 1856 qui prévoit l'expropriation des sources minérales sont incompatibles avec l'article 49 de la loi du 21 avril 1810 relatif à la déchéance des concessions minières et rendu applicable aux sources salées ; — en effet, ces deux mesures ne sont ni soumises aux mêmes conditions, ni productives des mêmes effets ;

Que, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage sur la contrariété qui existe entre les dispositions des deux lois précitées, il résulte de ce qui précède qu'une même source ne peut être placée sous le double régime de la loi du 17 juin 1840 et de la loi du 14 juillet 1856 ;

Considérant que, si en fait dans certains cas et notamment dans l'espèce visée par l'avis sus-mentionné du conseil général des mines, la déclaration d'intérêt public paraît de nature à donner à la source salée une protection plus efficace, il est cependant possible d'assurer sa conservation par la seule application des dispositions de la loi du 17 juin 1840 ;

Qu'il suffirait à cet effet de constituer ou de modifier le périmètre de la concession de manière à lui faire suivre l'allure présumée des eaux souterraines alimentant la source.

Sont d'avis :

De répondre à M. le ministre de l'intérieur dans le sens des observations qui précèdent.

PERSONNEL.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ADMINISTRATION CENTRALE.

Décret du 20 octobre 1896. — **M. Lethier**, Inspecteur général des **Ponts et Chaussées**, Directeur des chemins de fer, est nommé **Conseiller d'État** en service extraordinaire, en remplacement de **M. Holtz**.

I. — Ingénieurs.

DÉCÈS.

	<i>Date du décès.</i>
M. Vital (Louis), Ingénieur en Chef de 1 ^{re} classe,	12 oct. 1896

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 15 octobre 1896. — **M. Bailly**, Ingénieur ordinaire de 3^e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique d'Oran et du 1^{er} arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer algériens, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Reims, en remplacement de **M. Henriot**, nommé Ingénieur en Chef (*).

Arrêté du 27 octobre. — **M. Ichon**, Ingénieur en chef en congé renouvelable, au service de la Société des ardoisières de l'Anjou, est remis en activité et chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Bordeaux, en remplacement de **M. Vital**, décédé.

(*) Voir *suprà*, p. 503.

Arrêté du 28 octobre. — **M. Humbert**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, Professeur d'analyse à l'École polytechnique, est nommé Professeur du cours de construction à l'École nationale supérieure des mines, en remplacement de **M. Résal**, décédé.

M. Humbert demeure, d'ailleurs, placé dans la situation de service détaché.

II. — Contrôleurs des mines.

NOMINATION.

31 octobre 1896. — **M. Peyronnet** (Guillaume), Candidat déclaré admissible (n° 10) au concours de 1894, est nommé Contrôleur des mines de 4^e classe et attaché au service du Contrôle des lignes en exploitation, en construction ou à construire dans Paris.

CONGÉ.

15 octobre 1896. — **M. Auvergne**, Contrôleur de 2^e classe, en congé renouvelable à Philippeville, est mis en congé sans traitement jusqu'au moment où il pourra être remis en activité.

DÉCISIONS DIVERSES.

22 octobre 1896. — **M. Balteau**, Contrôleur de 4^e classe, attaché dans le département de la Corse, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Marseille-Sud et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer corses, passe dans le département du Nord, au service du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 16 octobre 1896. — Le service du Contrôle de l'exploitation de la section de Guise.à Wassigny de la ligne de Valenciennes à Laon (réseau du Nord) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 1^{er} arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines, à Paris ;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 1^{re} circonscription d'Inspecteur de l'exploitation ;

4° Pour la surveillance administrative :

Au commissariat de Laon.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES,
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 22 novembre 1896, déclarant exécutoire en France, en ce qui concerne toutes les puissances signataires, l'arrangement additionnel du 16 juillet 1895 à la Convention internationale de Berne sur le transport des marchandises par chemins de fer.

Le Président de la République française,
Sur la proposition du ministre des Affaires étrangères et du ministre des travaux publics,
Décrète :

Art. 1^{er}. — Les gouvernements de l'Autriche-Hongrie et des Pays-Bas ayant fait déposer à Berne, le 1^{er} octobre et le 21 septembre 1896, leurs instruments de ratification sur l'arrangement du 16 juillet 1895, additionnel à la Convention internationale du 14 octobre 1890 sur le transport de marchandises par chemins de fer, promulgué par décret en date du 1^{er} janvier 1896 () et actuellement en vigueur dans les relations entre la France, l'Allemagne, la Belgique, l'Italie, le Luxembourg, la Russie et la Suisse, ledit arrangement et le protocole y annexé recevront leur pleine et entière exécution en ce qui concerne toutes les puissances signataires.*

Art. 2. — Le ministre des affaires étrangères et le ministre des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 22 novembre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des affaires étrangères,
G. HANOTAUX.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

(*) Voir *suprà*, p. 5.

Décret du Président de la République, du 24 novembre 1896, portant institution de la concession des mines de soufre de BOURNE (Basses-Alpes).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à MM. Fascio (Alexandre) et Redier (Arthur) des mines de soufre comprises dans les limites ci-après définies, communes de Manosque et de Saint-Martin-les-Eaux, arrondissement de Forcalquier, département des Basses-Alpes.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Bourne*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

A l'ouest, par une ligne AB allant de l'angle nord de la ferme Hubeau ou Valmiane, point A, à l'angle nord-est de la ferme Bourne, point B;

Au nord, par une ligne BC, allant du point B à l'angle nord de la ferme « Les Tours », point C;

A l'est, par une ligne CD allant du point C à l'angle sud de la ferme Château-Brillant, point D, cette ligne formant la limite ouest de la concession de La Croupatassière, instituée par décret en date de ce jour (*);

Au sud, par une ligne DA allant du point D au point A de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quarante-deux hectares et cinquante-trois ares (82 hect. 53 ares).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger au soufre qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de Bourne.

La concession de ces gîtes de minéral pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit aux concessionnaires des mines de soufre de Bourne, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

(*) Voir *infra*, p. 574.

Art. 5. — Les concessionnaires se conformeront aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si les concessionnaires veulent renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville, voir supra, p. 118*).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais des concessionnaires, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE BOURNE.

(EXTRAIT) (*).

Art. 1^{er}. — *Délai d'abornement* : Six mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau* : 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer* : 10 mètres.

Art. 10. — La société concessionnaire devra se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'Administration pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines et supporter les charges qui pourraient à cet effet lui être imposées.

Art. 12. — Les concessionnaires seront tenus de souffrir toutes les ouvertures qui seraient pratiquées pour l'exploitation des mines de schistes bitumineux des Plaines et des mines de lignite de Montfuron par les concessionnaires de ces mines, ou même le passage à travers leurs propres travaux, s'il est reconnu nécessaire, le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts.

En cas de contestation sur la nécessité ou l'utilité de ces travaux, il sera statué par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues.

Art. 13. — Si l'exploitation des gites de soufre, objet de la présente

(*) Les articles non insérés sont conformes à ceux du cahier des charges de la concession d'Urville (*voir supra, p. 120*), savoir :

Art. 1 à 9 inclus, conformes aux mêmes articles;

Art. 11, conforme à l'art. 10;

Art. 14, 15 et 16, respectivement conformes aux articles 11, 12 et 13,

concession, fait reconnaître qu'ils approchent des gîtes de schistes bitumineux ou des gîtes de lignite, objet des concessions énumérées à l'article 12, les concessionnaires ne pourront exploiter que la partie de ces gîtes où l'extraction sera reconnue n'offrir aucun inconvénient pour les mines des concessions énumérées à l'article 12 et situées dans le voisinage.

En cas de contestation à ce sujet, il sera statué par le préfet, ainsi qu'il est dit à l'article 12 ci-dessus, et les concessionnaires devront se conformer aux mesures qui seront prescrites par l'Administration dans l'intérêt de la bonne exploitation des diverses substances.

Décret du Président de la République, du 24 novembre 1896, portant institution de la concession des mines de soufre de LA CROUPATASSIÈRE (Basses-Alpes).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société française des minerais de soufre d'Apt, des mines de soufre comprises dans les limites ci-après définies, commune de Manosque, arrondissement de Forcalquier, département des Basses-Alpes.

Art. 2. — Cette concession, qui prendra le nom de *concession de La Croupatassière* est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au *nord*, par une ligne AB, allant de l'angle nord de la ferme « Les Tours » point A, à l'angle nord de la ferme « Arnaud » point B ;

A l'*est*, par une ligne BC, allant du point B à l'angle est de la ferme « La Loubière » point C ;

Au *sud*, par une ligne CD, allant du point C à l'angle sud de la ferme « Château-Brillant », point D ;

A l'*ouest*, par une ligne DA, allant du point D au point A de départ, cette ligne formant la limite est de la concession de Bourne, instituée par décret en date de ce jour (*) ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux cent un hectares et quarante ares (201^h,40^a).

Art. 3. — Il n'est rien préjugé au sujet des gîtes de tout minéral étranger au soufre qui peuvent exister dans l'étendue de la concession de La Croupatassière.

(*) Voir *suprà*, p. 572.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit à la Société concessionnaire des mines de soufre de La Croupatassière, soit à une autre personne.

Art. 4. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0 fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 5. — La société concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 6. — Si la société concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896, instituant la concession d'Urville, voir supra, p. 118*).

Art. 7. — Le présent décret sera publié et affiché, aux frais de la société concessionnaire, dans la commune sur laquelle s'étend la concession.

Art. 8. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION DE LA GROUPATASSIÈRE.

(EXTRAIT) (*).

Art. 1^{er}. — *Délai d'abornement* : Six mois.

Art. 5. — *Distance réservée aux abords des cours d'eau* : 10 mètres.

Art. 6. — *Zone de protection des chemins de fer* ; 10 mètres.

Art. 10. — La société concessionnaire devra se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'Administration pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines et supporter les charges qui pourraient à cet effet lui être imposées.

(*) Les articles non insérés sont conformes à ceux du cahier des charges de la concession d'Urville (*voir supra, p. 120*), savoir :

Art. 1 à 9 inclus, conformes aux mêmes articles ;

Art. 11, conforme à l'article 10 ;

Art. 14, 15 et 16, respectivement conformes aux articles 11, 12 et 13.

Art. 12. — La société concessionnaire sera tenue de souffrir toutes les ouvertures qui seraient pratiquées pour l'exploitation des mines de lignite de Fournigues, de la Mort-d'Imbert et de Montfuron par les concessionnaires de ces mines, ou même le passage à travers ses propres travaux, s'il est reconnu nécessaire, le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts.

En cas de contestation sur la nécessité ou l'utilité de ces travaux, il sera statué par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues.

Art. 13. — Si l'exploitation des gîtes de soufre, objet de la présente concession, fait reconnaître qu'ils approchent des gîtes de lignite, objet des concessions énumérées à l'article 12, la société concessionnaire ne pourra exploiter que la partie de ces gîtes où l'extraction sera reconnue n'offrir aucun inconvénient pour les mines des concessions énumérées à l'article 12 et situées dans le voisinage.

En cas de contestation à ce sujet, il sera statué par le préfet, ainsi qu'il est dit à l'article 12 ci-dessus, et la société concessionnaire devra se conformer aux mesures qui seront prescrites par l'Administration dans l'intérêt de la bonne exploitation des diverses substances.

Décret du Président de la République, du 24 novembre 1896, portant fusion, sous le nom de concession d'AMANCE, avec extension de périmètre, des concessions de mines de fer de BLANZEY et d'AMANCE (Meurthe-et-Moselle).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Il est fait concession à la Société anonyme de Vezin-Aulnoye, de mines de fer situées dans les communes de Montenois et Bouxières-aux-Chênes, arrondissement de Nancy, département de Meurthe-et-Moselle, et limitées ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé au présent décret:

Au sud et au sud-est, par une ligne brisée formée de trois lignes droites : la première On allant du point O, sommet sud-est de la concession de Blanzey, situé à l'intersection du bord oriental de la route départementale de Nancy à Nomeny, avec le prolongement du bord méridional du chemin de grande communication n° 7, d'Eulmont à Bouxières-aux-Chênes, au point n, angle saillant nord-ouest du territoire de la commune d'Amance; la

seconde nA , joignant le point n au point A , borne n° 1, placée sur la lisière du bois communal du Grand-Mont à l'angle nord-ouest de ce bois (la ligne nA étant la limite nord-ouest de la concession d'Amance); la troisième Ah joignant le point A avec le point h , où la limite séparative des communes de Bouxières-aux-Chênes et d'Amance se sépare et s'écarte à l'est de la lisière sud-est du même bois [la ligne Ah étant la limite nord de la concession d'Amance (*)];

A l'est et au nord-est, par une ligne brisée formée de quatre lignes droites : la première, hg , allant du point h , ci-dessus défini, au point g , pointe nord du bois communal du Grand-Mont; la seconde, gf , allant du point g au point f , angle sud de la maison dite Mon-Repentir, située sur le bord occidental de la route de Nancy à Nomeny, au carrefour des chemins de Bouxières-aux-Chênes et de Champenoux; la troisième, fe , allant du point f au point e , clocher de Bouxières-aux-Chênes; la quatrième, ed , joignant le point e au point d , intersection de la limite nord du bois communal de Montenois avec la limite des communes de Montenois et de Leyr;

Au nord, par la partie dM de la ligne droite dc , allant du point d au point c , sommet d'un angle aigu que forme la limite séparative des communes de Faux et de Montenois, d'où part la limite nord du bois de Montenois, en arrêtant cette droite au point M où elle est coupée par la lisière du bois, près de l'angle saillant que cette lisière forme au nord;

A l'ouest, par une droite menée de ce point M au point H de rencontre du chemin de Vaux à Bouxières-aux-Chênes avec le chemin de Leyr; puis, par une seconde droite joignant ce point H à un point N , pris sur le bord oriental de la route de Nancy à Nomeny, à 500 mètres au nord de sa rencontre avec le chemin Baguet et par le bord oriental de la route de Nancy à Nomeny, depuis le point N jusqu'au point O de départ [la ligne $NHMO$ formant la limite est de la concession de Blanzey (**)];

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés soixante-quatre hectares (564 hectares).

Art. 2. — La nouvelle concession ainsi délimitée est réunie aux concessions déjà instituées d'Amance et de Blanzey, pour

(*) Concession instituée par décret du 13 avril 1893 (volume de 1893, p. 201).

(**) Concession instituée par décret du 28 décembre 1874 (volume de 1874, p. 192).

former avec elle une concession unique, comprise dans les limites ci-après définies, communes de Bouxières-aux-Chênes, Amance et Montenoy, arrondissement de Nancy, département de Meurthe-et-Moselle.

Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Amance*, est limitée, ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé au présent décret :

A l'ouest : 1° par la limite séparative des communes de Bouxières-aux-Chênes et d'Eulmont, tracée par le ruisseau de Genecy, depuis le point *a* où ce ruisseau est traversé par le chemin d'Eulmont à Bouxières-aux-Chênes, jusqu'au point *b*, où la même limite est coupée par le chemin de Leyr ; 2° par une droite tirée du point *b* au point *c*, sommet d'un angle aigu que forme la limite séparative des communes de Faulx et de Montenoy, d'où part la limite nord du bois de Montenoy (la ligne *abc* formant en partie la limite est de la concession de Faulx, instituée par décret du 19 avril 1883 (*)) ;

Au nord, par une ligne droite menée du point *c* au point *d*, intersection de la limite nord du bois communal de Montenoy avec la limite des communes de Montenoy et de Leyr ;

Au nord-est : 1° par une ligne droite joignant le point *d* au point *e*, clocher de Bouxières-aux-Chênes ; 2° par une ligne droite joignant le point *e* au point *f*, angle sud de la maison dite Mon-Repentir, située sur le bord occidental de la route de Nancy à Nomeny, au carrefour des chemins de Bouxières-aux-Chênes et de Champenoux ; 3° par une ligne droite joignant le point *f* au point *g*, pointe nord du bois communal du Grand-Mont ; 4° par une ligne droite joignant le point *g* au point *h*, où la limite séparative des communes de Bouxières-aux-Chênes et d'Amance se sépare et s'écarte à l'est de la lisière sud-est du bois communal du Grand-Mont ;

A l'est, par une ligne droite joignant le point *h* au point *K*, sommet de l'angle formé par les bords intérieurs des chemins vicinaux n°s 12 et 24, à l'est d'Amance ;

Au sud : 1° par une ligne droite joignant le point *K* au point *m*, situé sur le bord oriental de l'ancien chemin de Nancy à Amance, à 150 mètres, vers Amance, de sa rencontre avec la limite séparative des communes d'Amance et de Laitre-sous-Amance ; 2° par une ligne droite joignant le point *m* au point *n*, angle saillant nord-ouest du territoire de la commune d'Amance ; 3° par une

(*) Volume de 1883, p. 226.

ligne droite joignant le point *n* au point *O*, intersection du bord oriental de la route départementale de Nancy à Nomeny avec le prolongement du bord méridional du chemin de grande communication n° 7 d'Eulmont à Bouxières-aux-Chênes; 4° par une ligne droite joignant le point *O* au point *a* de départ;

Lesdites limites renferment une étendue superficielle de onze kilomètres carrés quatre-vingts hectares (1.180 hectares).

Art. 3. — La présente concession d'Amance ne s'applique pas aux minerais de fer qui peuvent être exploités comme minières et restent à la disposition des propriétaires desdites minières dans les termes et conditions des articles 57, 58, 68, 69 et 70 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par les lois des 9 mai 1866 et 27 juillet 1880.

Art. 4. — Il n'est rien préjugé des gîtes de tout minerai étranger au fer qui peuvent exister dans l'étendue de la concession d'Amance.

La concession de ces gîtes de minerai pourra être ultérieurement accordée, s'il y a lieu, dans les formes ordinaires, soit à la société concessionnaire des mines d'Amance, soit à une autre personne.

Art. 5. — Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de dix centimes (0fr. 10) par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 6. — La société concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges annexé au présent décret, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 7. — Si la société concessionnaire veut renoncer à la totalité ou à une partie de la concession, etc. (*conforme à l'art. 7 du décret du 4 mars 1896 instituant la concession d'Urville, voir supra, p. 118*).

Art. 8. — Le présent décret sera publié et affiché aux frais de la société concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étendent la nouvelle concession et les autres concessions déjà possédées (*) par la société.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc...

(*) Concessions de mines de fer de l'Avant-Garde, de Boudonville, d'Homécourt et de Pompey (Meurthe-et-Moselle).

CAHIER DES CHARGES

DE LA CONCESSION D'AMANCE

Conforme au cahier des charges de la concession d'Urville (voir *suprà*, p. 120).

Art. 1^{er}. — Délai d'abornement : Trois mois.

Art. 5. — Distance réservée aux abords des cours d'eau : 10 mètres.

Art. 6. — Zone de protection des chemins de fer : 10 mètres.

Décret du Président de la République, du 24 novembre 1896, portant rejet de la demande de M. HIPPERT en concession des mines de sel et sources salées dans les communes de NANCY, TOMBLAINE, ESSEY-LES-NANCY, SAINT-MAX et JARVILLE (Meurthe-et-Moselle).

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

CHEMINS DE FER. — ENQUÊTE SUR LES MOYENS D'ASSURER LA SÉCURITÉ
DES TRAINS, NOTAMMENT SUR LES LIGNES A VOIE UNIQUE.

Paris, 23 novembre 1896.

A MM. les Administrateurs de la Compagnie d

Messieurs, à la suite de la collision survenue, le 10 mai dernier, près de la gare d'Adélia, sur la ligne d'Alger à Oran, une commission spéciale a été instituée par arrêté ministériel du 30 juin 1896, en vue de rechercher les mesures propres à assurer la sécurité de la circulation des trains, notamment sur les lignes à voie unique, et d'examiner les différents systèmes proposés dans ce but par divers inventeurs.

J'ai l'honneur de porter ci-après à votre connaissance les conclusions du rapport de cette commission qui ont, du reste, été adoptées par le comité de l'exploitation technique des chemins de fer :

« Des diverses communications d'inventeurs sur lesquelles elle a eu à se prononcer, la commission n'en a retenu que trois, savoir :

« L'échange de tickets de croisement, et surtout d'arrivée, dont la compagnie P.-L.-M. a annoncé l'essai, et qui peuvent rendre des services, surtout dans les gares terminus ou dans les gares de passage de la voie unique à la double voie ;

« Le tableau diurne, système Rixens, qui va être mis en expérience sur une ligne du réseau de l'État ;

« L'avertisseur Ombry, qui paraît susceptible de fonctionner, mais dont elle ne recommande pas l'emploi, en raison de son coût élevé et des dérangements qui peuvent se produire dans son fonctionnement.

« La commission rappelle, d'ailleurs, qu'il existe un système

s'opposant à toute rencontre de trains sur la voie unique, à la condition, bien entendu, que les signaux soient observés : c'est le block de voie unique. Mais sa complication et son prix ne permettent pas de l'imposer raisonnablement sur les sections à faible trafic.

« La demande de la voie au départ de chaque station de voie unique et l'interdiction absolue d'engager deux trains sur la même section, ainsi que l'emploi du bâton-pilote, donneraient toute garantie de sécurité, au point de vue des collisions, à la condition que les règlements soient rigoureusement observés.

« Quant aux moyens automatiques d'arrêter les trains, la commission les juge en général très dangereux, parce qu'ils endorment la vigilance des agents et peuvent déterminer des accidents quand ils se trouvent en défaut; elle ne saurait les recommander.

« Parmi les systèmes d'avertisseurs qui ne lui ont pas été soumis à l'occasion de l'accident d'Adélia, la commission pense qu'on pourrait signaler à l'attention des compagnies le contrôleur de cloches de M. Metzger, qui fait connaître aux deux stations extrêmes d'une section la position d'un train et renseigne les chefs de station par des signes visibles, et certains appareils avertisseurs, expérimentés avec succès, ayant pour objet d'agir sur les organes d'une machine qui passe devant un disque à l'arrêt (tels que la pédale Marin, par exemple). Il pourrait y avoir intérêt à poursuivre des essais réguliers, en service, de ces genres d'appareils.

« Enfin, la commission insiste sur ce fait qu'il n'existe aucune panacée contre les chances de collision sur les chemins de fer. Quelque parfaits que soient les règlements et les appareils, les premiers sont susceptibles d'être violés, les seconds de se déranger. C'est surtout à la régularité du service, à la discipline absolue et à une surveillance assidue des agents qu'il faut recourir pour garantir la sécurité. »

Veillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente communication et me rendre compte des mesures que vous seriez amenés à prendre en suite des indications qu'elle contient.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

JURISPRUDENCE.

CONSEIL D'ÉTAT.

Décision au contentieux, du 13 novembre 1896, rejetant un pourvoi à fin d'annulation de l'arrêté ministériel du 5 octobre 1895, qui avait prononcé la déchéance des concessionnaires des mines de plomb argentifère de SAINT-SANTIN-CANTALÈS (Cantal).

(EXTRAIT.)

Vu la requête présentée par le s^r Salarnier (Henri), demeurant à Aurillac, agissant tant en son nom personnel, comme membre de la société concessionnaire des mines de plomb argentifère de Saint-Santin-Cantalès, qu'au nom de ses coassociés, en qualité de gérant de ladite société, ladite requête enregistrée au secrétariat du contentieux du conseil d'État, le 8 janvier 1896, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler une décision en date du 5 octobre 1895, par laquelle le ministre des travaux publics a prononcé le retrait de la concession des mines ci-dessus désignées;

Ce faisant, attendu que le ministre a fait une fausse application de l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, ainsi que des articles 6 et 10 de la loi du 27 avril 1838, qui sont visés par la décision attaquée et lui ont servi de base; qu'en effet, les concessionnaires ont exécuté l'arrêté du préfet du Cantal du 6 mars 1895, qui les mettait en demeure de reprendre les travaux dans le délai de deux mois; qu'il n'y a pas eu de suspension de travail depuis cette époque; que, d'autre part, l'arrêt des travaux ne serait pas de nature à inquiéter la sûreté publique ou les besoins des consommateurs et que les concessionnaires ont toujours régulièrement payé les contributions auxquelles ils ont été imposés; qu'enfin, ils n'ont pas été entendus comme le prescrit l'article 49 de la loi de 1810;

Remettre les requérants en possession des droits qu'ils tiennent du décret de concession.

Vu la décision attaquée;

Vu les observations présentées par le ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée de la requête, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus,

le 12 février 1896, et tendant au rejet de ladite requête comme non recevable par le motif qu'elle n'a pas été introduite par le **ministère** d'un avocat au conseil d'État, et comme mal fondée, **attendu que** les mines concédées à la société requérante ne sont pas exploitées, **les travaux** exécutés à la suite de l'arrêté préfectoral du 6 mars 1895 **étant** insignifiants, ayant été suspendus au bout de huit jours et ne **pouvant** être sérieusement considérés comme un commencement de mise en exploitation ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu la loi du 21 avril 1810 et celle du 27 avril 1838 ;

Vu le décret du 22 juillet 1806 ;

Oùï M. Charreyre, maître des requêtes, en son rapport ;

Oùï M. Arrivière, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

Considérant qu'aux termes de l'article 1^{er} du décret du 22 juillet 1806, les requêtes des parties devant le conseil d'État ne peuvent être introduites que par le ministère d'un avocat au conseil d'État ; que la requête présentée par le s^r Salarnier, en vertu des articles 6 et 10 de la loi du 27 avril 1838, contre la décision du ministre des travaux publics qui a prononcé le retrait de la concession d'une mine de plomb argentifère, n'est pas un recours pour excès de pouvoir et ne rentre dans aucune des catégories de requêtes que des dispositions spéciales autorisent les parties à introduire elles-mêmes ; que dès lors ce pourvoi, qui n'a pas été présenté par le ministère d'un avocat au conseil d'État, doit être rejeté comme non recevable.

Décide :

Art. 1^{er}. — La requête ci-dessus visée du s^r Salarnier est rejetée.

Décision au contentieux, du 27 novembre 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire, du 5 octobre 1889 (allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée). — (Affaire C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE contre consorts TÉZENAS).

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

agissant poursuites et diligence de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État les 6 mars et 6 mai 1890 et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté du 5 octobre 1889, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la Compagnie à payer aux consorts Tézenas, Fontvieille et autres, une indemnité de 5.245 fr. 15, avec intérêts à partir de la demande, à raison de la privation des redevances tréfoncières résultant de l'interdiction prononcée, par arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866, d'exploiter une partie de la concession des mines de houille de Terrenoire, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne à Lyon ;

Ce faisant,

Attendu que l'arrêté du conseil de préfecture, en date du 25 février 1870, qui a ordonné une expertise, tous droits et moyens réservés, n'est qu'une décision préparatoire et ne fait pas obstacle à ce que la compagnie requérante discute le principe de l'indemnité ; que l'existence du droit à redevance tréfoncière proportionnelle est subordonnée au fait de l'extraction et qu'aucune indemnité n'est due au propriétaire de la surface lorsque, pour quelque cause que ce soit, l'extraction est interrompue ; qu'en tout cas, l'indemnité allouée par le conseil de préfecture a été calculée, à tort, non d'après la diminution de valeur vénale subie par la propriété des consorts Tézenas, mais eu égard à la quantité probable de houille existant dans le tréfonds et à la durée de l'exploitation ; que le chiffre ainsi fixé est exagéré ;

Décharger la compagnie de toute condamnation ; subsidiairement, réduire le montant de l'indemnité à 953 francs, sans intérêts, aucun retard de paiement ne pouvant être reproché à la compagnie ; plus subsidiairement, ordonner un complément d'expertise, mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge des consorts Tézenas ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées pour le s^r Jean-Joseph-Auguste Tézenas du Montail, le s^r Jean-Jules Boulin et la dame Boulin, le s^r Hippolyte Fontvieille, la dame Françoise-Marie-Antoinette Bernou de Rochetaillée veuve du s^r de Châteaubriant, la dame veuve Boulin née Tézenas, le s^r Jules Balleydier et la dame Fontvieille son épouse, la dame Joséphine-Antoinette Perrin, veuve Balleydier, le s^r Xavier Balleydier, le s^r Henri Buchet et la dame Marie Balleydier son épouse, le s^r Joseph Vialleton, la dame Marie-Françoise Fontvieille veuve Imberdès, les demois-

selles Antoinette Roche et Claudine Berthon, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 4 novembre 1890, et tendant à ce que le pourvoi soit rejeté ;

Ensemble le recours incident des consorts Tézenas et autres, tendant à ce que l'indemnité soit fixée à la somme de 8.175 francs, avec intérêts, intérêts des intérêts et condamnation de la compagnie requérante aux frais d'expertise et aux dépens, par les motifs : que l'arrêté du 23 février 1870 a reconnu le droit des consorts Tézenas à indemnité et est passé en force de chose jugée ; qu'en tout cas, le propriétaire de la surface a un droit à des redevances tréfoncières dont il ne peut être privé sans indemnité ; que, pour établir la valeur vénale du tréfonds, les experts ont tenu compte, avec raison, de la richesse houillère et de la durée de l'exploitation ; mais que c'est à tort que le conseil de préfecture a réduit l'indemnité ainsi calculée par le motif, entre autres, que la levée de l'interdiction est encore possible et qu'il a réservé l'indemnité afférente aux tréfonds du ruisseau d'Avaize ;

Vu les observations du ministre des travaux publics, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 9 mars 1892 ;

Ensemble l'avis du conseil général des mines et du conseil général des ponts et chaussées ;

Vu le mémoire en réplique présenté pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ledit mémoire enregistré, comme ci-dessus, le 19 juin 1893, et par lequel la compagnie déclare persister dans ses précédentes conclusions ;

Vu les observations nouvelles présentées pour les consorts Tézenas, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 17 octobre 1893, et par lesquelles les consorts Tézenas déclarent persister dans leurs précédentes conclusions et demander, en outre, l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les rapports des ingénieurs des mines ;

Vu les conclusions des parties devant le conseil de préfecture ;

Vu les rapports des experts ;

Vu l'arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 23 février 1870 ;

Vu les arrêtés du préfet du département de la Loire en date des 3 juillet 1857, 22 mars 1866 et 2 août 1882 ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Ouï M. Baudenet, maître des requêtes en son rapport;

Ouï M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} Paris-Lyon-Méditerranée, et M^e Mornard, avocat des consorts Tézenas, en leurs observations;

Ouï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions.

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans le tréfonds de la propriété des consorts Tézenas ne peut donner lieu à aucune indemnité au profit de ceux-ci :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ont interdit l'exploitation de la houille dans le voisinage du tunnel de Terrenoire, en vue de protéger cet ouvrage; que cette interdiction doit durer jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné; que, si la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet a le droit de prendre en vertu de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, dont l'application ne peut donner lieu à indemnité en faveur soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions ne sauraient faire refuser tout droit à indemnité aux consorts Tézenas, les arrêtés d'interdiction ayant produit leur effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux consorts Tézenas un dommage dont la réparation incombe à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée;

En ce qui concerne la fixation de l'indemnité :

Considérant que, pour établir la dépréciation de valeur subie par la propriété des consorts Tézenas, le conseil de préfecture a cherché à déterminer la consistance du gîte minéral contenu dans le massif interdit, que les travaux d'exploration précédemment effectués lui ont permis de reconnaître; que c'est avec raison qu'il a tenu compte de ce que la levée de l'interdiction et la reprise de l'exploitation sont encore possibles et a recherché les causes de toute nature qui auraient pu influencer sur l'exploitation, notamment en en prolongeant la durée;

Mais, considérant qu'il résulte de l'instruction que, pour tenir compte de la durée de l'exploitation et du retard dans la réalisation des redevances tréfoncières, qui en est la conséquence, le conseil de préfecture a réduit l'indemnité due aux consorts Tézenas, dans une trop large mesure; que, dans ces circonstances et sans qu'il soit besoin de recourir à un complément d'expertise,

l'arrêté attaqué doit être réformé et l'indemnité portée d'après les chiffres fournis par l'expertise, de 5.245 fr. 35 à 7.480 fr. 35 ;

En ce qui concerne le tréfonds du ruisseau d'Avaize :

Considérant que c'est avec raison que le conseil de préfecture a réservé l'indemnité affectée au tréfonds du ruisseau d'Avaize jusqu'à ce qu'il ait été statué par la juridiction compétente sur la propriété de ce tréfonds, qui est contestée aux consorts Tézenas ;

En ce qui concerne les intérêts :

Considérant que les consorts Tézenas ne justifient pas qu'il leur appartint dès le 26 juillet 1869, date à laquelle ils ont demandé les intérêts pour la première fois, d'exiger la réalisation de leurs droits à des redevances tréfoncières ; qu'il résulte de l'instruction qu'il en était autrement, à raison de l'avancement de l'exploitation de la mine, lorsque les consorts Tézenas ont formé, le 29 juillet 1889, une nouvelle demande d'intérêts ; que c'est donc seulement à partir de cette date qu'il y a lieu de leur allouer les intérêts ;

En ce qui concerne les intérêts des intérêts :

Considérant qu'il y a lieu de faire droit aux demandes de capitalisation d'intérêts présentées par les consorts Tézenas, les 4 novembre 1890 et 17 octobre 1893, dates auxquelles les intérêts leur étaient dus depuis plus d'un an ;

En ce qui concerne les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est avec raison que le conseil de préfecture les a mis en totalité à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité allouée par l'arrêté attaqué aux consorts Tézenas, Fontvieille et autres, à raison de l'interdiction d'exploiter le tréfonds de leur propriété, est portée de 5.245 fr. 35 à *sept mille quatre cent quatre-vingts francs, trente-cinq centimes* (7.480 fr. 35).

Art. 2. — Les intérêts de cette indemnité ne commenceront à courir au profit des consorts Tézenas qu'à partir du 29 juillet 1889.

Art. 3. — Les intérêts seront capitalisés aux 4 novembre 1890 et 17 octobre 1893, pour porter eux-mêmes intérêts.

Art. 4. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 5 octobre 1889, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 5. — Le surplus des conclusions de la requête et du recours incident est rejeté.

Art. 6. — Les dépens seront supportés par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décision au contentieux, du 27 novembre 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 27 janvier 1893 (allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée). — (Affaire C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE contre consorts THIOLLIÈRE.)

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, dont le siège est à Paris, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligence de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État, les 29 mars et 3 juin 1893, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté, en date du 27 janvier 1893, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la compagnie à payer aux héritiers Thiollière, Devuns et autres, une indemnité de 16.022 francs avec intérêts à partir de la demande, à raison de la privation des redevances tréfoncières, résultant de l'interdiction prononcée, par arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866, d'exploiter une partie de la concession des mines de houille de Terrenoire, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne à Lyon ;

Ce faisant,

Attendu que l'existence du droit à redevance tréfoncière proportionnelle est subordonnée au fait de l'extraction et qu'aucune indemnité n'est due au propriétaire de la surface lorsque, pour quelque cause que ce soit, l'extraction est interrompue ; qu'en tout cas, l'indemnité allouée par le conseil de préfecture a été calculée à tort, non d'après la diminution de valeur subie par la propriété des héritiers Thiollière, mais eu égard à la quantité de houille existant dans le tréfonds, et à la durée probable de l'exploitation ; que le chiffre ainsi fixé est exagéré ;

Décharger la compagnie de toute condamnation ; subsidiairement, réduire le montant de l'indemnité ; mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge des héritiers Thiollière ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées pour les héritiers Thiollière, savoir : la dame Anne-Zéline Goyard veuve Devuns, agissant tant en son nom que comme tutrice de ses enfants mineurs, le s^r Léon-François-Dominique Devuns, la demoiselle Marie Devuns, le s^r Alfred Devuns, le s^r René Devuns, la demoiselle Marthe Devuns, le s^r Gaston-Jean-Abel Devuns, la demoiselle Élisabeth Devuns, les s^{rs} et dame François, les s^{rs} et dame Balthazar Bertail, les s^{rs} et dame Granetias, la demoiselle Marguerite Tardy, le s^r Jean Tardy, le s^r Ginet, agissant tant en son nom que comme tuteur de ses enfants mineurs, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 16 décembre 1893, et tendant à ce que le pourvoi soit rejeté ;

Ensemble le recours incident des héritiers Thiollière, tendant à ce que l'indemnité soit fixée à la somme de 17.322 francs, avec intérêts, intérêts des intérêts et condamnation de la compagnie requérante aux frais d'expertise et aux dépens, par les motifs : que l'arrêté du 4 février 1870, qui a ordonné une expertise, reconnaissait le droit des héritiers Thiollière à une indemnité, et est passé en force de chose jugée ; qu'en tout cas, le propriétaire de la surface a un droit à des redevances tréfoncières, dont il ne peut être privé sans indemnité ; que, pour établir la valeur vénale du tréfonds, les experts ont tenu compte avec raison de la richesse houillère et de la durée de l'exploitation, mais que c'est à tort que le conseil de préfecture a réduit l'indemnité ainsi calculée, par le motif que la levée de l'interdiction est encore possible :

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus le 4 janvier 1895 ;

Ensemble l'avis du conseil général des mines ;

Vu les conclusions nouvelles des héritiers Thiollière enregistrées comme ci-dessus, le 25 mars 1896, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les rapports des ingénieurs des mines ;

Vu les conclusions des parties devant le conseil de préfecture ;

Vu les rapports des experts ;

Vu les arrêtés du préfet du département de la Loire, en date des 3 juillet 1857, 22 mars 1866 et 2 août 1882 ;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Oùï M. Baudenet, maître des requêtes, en son rapport ;

Ouï M^e Aguillon, avocat de la C^e Paris-Lyon-Méditerranée, et M^e Mornard, avocat des héritiers Thiollière, en leurs observations ;

Ouï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du gouvernement, en ses conclusions ;

Sur les conclusions de la C^e des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans les tréfonds de la propriété des héritiers Thiollière ne peut donner lieu à aucune indemnité :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ont interdit l'exploitation de la houille dans le voisinage du tunnel de Terrenoire, en vue de protéger cet ouvrage ; que cette interdiction doit durer jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné ; que, si la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet a le droit de prendre, en vertu de l'article 30 de la loi du 21 avril 1810, dont l'application ne peut donner lieu à indemnité en faveur soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions ne sauraient faire refuser tout droit à indemnité aux héritiers Thiollière, les arrêtés d'interdiction ayant produit leur effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux héritiers Thiollière un dommage dont la réparation incombe à la C^e des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

En ce qui concerne la fixation de l'indemnité :

Considérant que, pour établir le montant de l'indemnité due aux héritiers Thiollière, le conseil de préfecture a cherché à déterminer la consistance du gîte minéral contenu dans le massif interdit, que les travaux d'exploration précédemment effectués lui ont permis de reconnaître ; que, s'il a eu égard aux accidents géologiques, aux difficultés d'extraction et, dans une certaine mesure, à cette circonstance que la levée de l'interdiction et la reprise de l'exploitation sont encore possibles, il n'a pas tenu suffisamment compte de ce dernier élément d'appréciation ; que, dans ces circonstances, l'arrêté doit être réformé, et l'indemnité allouée aux héritiers Thiollière réduite à 14.800 francs ;

Sur les intérêts des intérêts :

Considérant qu'il y a lieu de faire droit à la demande de capitalisation d'intérêts présentée par les héritiers Thiollière, les 16 décembre 1893 et 25 mars 1896, dates auxquelles il leur était dû plus d'une année d'intérêts ;

Sur les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est avec raison que le conseil de préfecture les a mis en totalité à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité allouée par l'arrêté attaqué aux héritiers Thiollière est réduite de 16.022 francs à *quatorze mille huit cents francs* (14.800 francs).

Art. 2. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 27 janvier 1893, est réformé en ce qu'il a de contraire à la disposition qui précède.

Art. 3. — Les intérêts de l'indemnité de 14.800 francs seront capitalisés aux 16 décembre 1893 et 25 mars 1896 pour porter eux-mêmes intérêts.

Art. 4. — Le surplus des conclusions de la requête de la Compagnie et le recours incident des héritiers Thiollière sont rejetés.

Art. 5. — Les dépens seront supportés par les héritiers Thiollière.

Décision au contentieux, du 27 novembre 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 31 mars 1893 (allocation d'une indemnité pour privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée). — (Affaire C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE contre consorts DAVID.)

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et la Méditerranée, dont le siège est à Paris, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligence de son directeur en exercice, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État, les 17 juin et 27 juillet 1893, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté, en date du 31 mars 1893, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire a condamné la compagnie à payer aux consorts David une indemnité de 22.172 fr. 22 avec intérêts à raison de la privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction prononcée, par arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866, d'exploiter la concession des mines

de houille de Terrenoire, en vue de la protection de la ligne de Saint-Étienne à Lyon ;

Ce faisant,

Attendu que l'existence du droit à redevance tréfoncière proportionnelle est subordonnée au fait de l'extraction et qu'aucune indemnité n'est due au propriétaire de la surface lorsque, pour quelque cause que ce soit, l'extraction est interrompue ; qu'en tous cas l'indemnité allouée par le conseil de préfecture a été calculée à tort, non d'après la diminution de valeur subie par la propriété des consorts David, mais eu égard à la quantité de houille existant dans le tréfonds et à la durée probable de l'exploitation ; que le chiffre qui a été ainsi fixé, sans tenir compte de la dépréciation résultant du danger d'incendie, est exagéré ;

Décharger la compagnie de toute condamnation ; subsidiairement, réduire à 3.660 francs, sans intérêts, le montant de l'indemnité ; mettre les frais d'expertise et les dépens à la charge des consorts David ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées par les srs André, David et Francisque David, la dame Meyrand-David et le Sr Jules David, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 30 janvier 1894, et tendant au rejet du pourvoi et à la condamnation de la compagnie requérante, aux intérêts, intérêts des intérêts, frais d'expertise et dépens, par les motifs que l'arrêté du 4 août 1871, qui a ordonné une expertise, reconnaissait le droit des consorts David à une indemnité et est passé en force de chose jugée ; qu'en tous cas, le propriétaire de la surface a un droit à des redevances tréfoncières dont il ne peut être privé sans indemnité ; que, pour établir la valeur du tréfonds, les experts ont tenu compte des causes de toute nature qui auraient pu influencer sur l'exploitation et que leur évaluation n'est pas exagérée ;

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 4 janvier 1895 ;

Ensemble l'avis du conseil général des mines ;

Vu les conclusions nouvelles des consorts David, enregistrées comme ci-dessus, le 25 mars 1896, et tendant à l'allocation des intérêts des intérêts ;

Vu les rapports des ingénieurs des mines ;

Vu les conclusions des parties devant le conseil de préfecture ;

Vu les rapports des experts ;

Vu les arrêtés du préfet du département de la Loire, en date des 3 juillet 1857, 22 mars 1866 et 2 août 1882 ;

Vu les autres pièces produites au dossier ;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1880 ;

Oui M. Baudenet, maître des requêtes en son rapport ;

Oui, M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} Paris-Lyon-Méditerranée, et M^e Mornard, avocat des consorts David, en leurs observations ;

Oui, M. Jagerschmidt, maître des requêtes, commissaire du Gouvernement, en ses conclusions.

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille existant dans le tréfonds de la propriété des consorts David ne peut donner lieu à aucune indemnité :

Considérant que les arrêtés préfectoraux des 3 juillet 1857 et 22 mars 1866 ont interdit l'exploitation de la houille dans le voisinage du tunnel de Terrenoire, en vue de protéger cet ouvrage ; que cette interdiction doit durer jusqu'à ce qu'il en soit autrement ordonné ; que, si la loi du 27 juillet 1880 a étendu aux voies de communication les mesures de protection que le préfet a droit de prendre en vertu de l'article 50 de la loi du 21 avril 1810, dont l'application ne peut donner lieu à indemnité en faveur soit du concessionnaire de la mine, soit du propriétaire de la surface, ces dispositions ne sauraient faire refuser tout droit à indemnité aux consorts David, les arrêtés d'interdiction ayant produit leur effet antérieurement à la loi du 27 juillet 1880 ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a décidé qu'il a été causé aux consorts David un dommage dont la réparation incombe à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée ;

En ce qui concerne la fixation de l'indemnité :

Considérant que, pour établir le montant de l'indemnité due aux consorts David, le conseil de préfecture a cherché à déterminer la consistance du gîte minéral contenu dans le massif interdit, que les travaux d'exploration précédemment effectués lui ont permis de reconnaître ; qu'il a eu égard dans une juste mesure aux difficultés particulières de l'extraction et notamment aux dangers d'incendie ; mais qu'il résulte de l'instruction qu'il n'a pas fait suffisamment état de l'éventualité de la levée de l'interdiction et de la reprise possible de l'exploitation ; que, dans ces circonstances, il y a lieu de réduire à 20.000 francs l'indemnité allouée aux consorts David ;

En ce qui concerne les intérêts et les intérêts des intérêts ;

Considérant que les consorts David ne justifient pas qu'il leur appartînt, dès le 2 juin 1871, date à laquelle ils ont demandé les intérêts pour la première fois, d'exiger la réalisation de leurs droits à des redevances tréfoncières ; qu'il résulte de l'instruction qu'il en était autrement, à raison de l'avancement de l'exploitation de la mine, lorsque les consorts David ont formé, le 30 janvier 1894, une nouvelle demande d'intérêts ; que c'est donc seulement à partir de cette date qu'il y a lieu de leur allouer les intérêts ;

Considérant qu'il n'y a pas lieu de faire droit à la demande de capitalisation d'intérêts faite également par les consorts David le 30 janvier 1894, mais seulement à la demande qu'ils ont présentée, le 25 mars 1896, plus d'un an après cette date ;

En ce qui concerne les frais d'expertise :

Considérant que, dans les circonstances de l'affaire, c'est avec raison que le conseil de préfecture les a mis en totalité à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décide :

Art. 1^{er}. — L'indemnité allouée par l'arrêté attaqué aux consorts David est réduite de 22.172 fr. 22 à *vingt mille francs* (20.000 francs).

Art. 2. — Les intérêts de cette indemnité ne commenceront à courir qu'à partir du 30 janvier 1894.

Art. 3. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du département de la Loire, en date du 31 mars 1893, est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 4. — Les intérêts de l'indemnité allouée aux consorts David seront capitalisés au 25 mars 1896 pour produire eux-mêmes intérêts.

Art. 5. — Le surplus des conclusions de la requête est rejeté.

Art. 6. — Les dépens seront supportés par les consorts David.

Décision au contentieux. du 27 novembre 1896, réformant un arrêté du conseil de préfecture du département de la Loire du 28 mars 1890 (allocation d'une indemnité à raison de l'interdiction d'exploiter des gites de houille aux abords d'une voie ferrée). — (Affaire COSTE CLAVEL ET C^{ie} et SOCIÉTÉ DES HOUILLÈRES DE RIVE-DE-GIER, contre C^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE.)

(EXTRAIT.)

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés :
1^o par les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, demeurant à Rive-de-Gier, concessionnaires des mines de houille de Combes et Égarande ;
2^o pour la Société des houillères de Rive-de-Gier, dont le siège est à Lyon, 60, rue Saint-Joseph, ayant-droit des concessionnaires, ladite requête et ledit mémoire enregistrés au secrétariat du contentieux du conseil d'État, les 10 juin et 19 août 1890, et tendant à ce qu'il plaise au conseil annuler un arrêté, en date du 28 mars 1890, par lequel le conseil de préfecture du département de la Loire, à raison du dommage résultant de l'interdiction, qui a été faite par arrêté du ministre des travaux publics, du 11 juin 1884, d'exploiter les gisements houillers à une distance de moins de 30 mètres d'un plan vertical, passant par l'axe du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, n'a condamné la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à payer aux requérants pour le périmètre des Combes, qu'une indemnité de 21.332 francs et, pour le périmètre d'Égarande qu'une indemnité de 18.485 francs, avec intérêts, au profit de la Société Coste, Clavel et C^{ie}, à partir du 27 juillet 1884, et au profit de la Société des Houillères de Rive-de-Gier, à partir du 1^{er} juillet 1884 ;

Ce faisant,

Attendu que, par décision du 15 juin 1864, le conseil d'État a reconnu que les concessionnaires des mines de Combes avaient droit à indemnité ; que l'interdiction d'exploiter ne sera jamais levée et que, si elle l'était, la reprise de l'exploitation ne pourrait avoir lieu à cause des frais trop considérables qu'elle entraînerait : que le conseil de préfecture a évalué à un chiffre insuffisant les quantités de houille existant dans le massif interdit, et que, pour établir le bénéfice net, il a déduit à tort du produit de la mine les frais d'épuisement des eaux, traitements d'employés et frais généraux ; qu'enfin, les intérêts sont dus depuis le jour de l'inter-

diction, ou tout au moins depuis l'époque probable de l'exploitation,

Accorder aux requérants les deux indemnités de 300.000 francs qu'ils ont réclamées devant le conseil de préfecture ; subsidiairement, leur allouer, pour le périmètre de Pic-Pierre, une indemnité de 1.000 francs ; pour le périmètre de Combes, vingt annuités de 5.078 fr. 98, échéant à la fin de chacune des années 1845 à 1864 ; pour le périmètre d'Égarande, quarante annuités, savoir : vingt de 1.067 fr. 40, échéant à la fin de chacune des années 1845 à 1864, et vingt annuités de 3.088 francs échéant à la fin de chaque année de 1865 à 1884 ; accorder les intérêts de ces indemnités à partir du 11 juin 1844, jour de l'interdiction ; subsidiairement allouer les intérêts de chaque annuité à partir de son échéance ; très subsidiairement, dire que, pour le périmètre des Combes, l'indemnité portera intérêts du 27 juin 1861 et, pour les périmètres d'Égarande et de Pic-Pierre, à partir du 1^{er} juillet 1884 ; mettre à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée les intérêts des intérêts, les frais d'expertise et les dépens ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les observations en défense présentées pour la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, dont le siège est à Paris, 88, rue Saint-Lazare, agissant poursuites et diligence de son directeur en exercice, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 11 novembre 1891, et tendant à ce que le pourvoi soit rejeté ; ensemble le recours incident de la compagnie tendant à ce qu'elle soit déchargée de toute condamnation ; subsidiairement, à ce que l'indemnité soit réduite et allouée sans intérêts ; plus subsidiairement, à ce qu'il soit procédé à une nouvelle expertise et, qu'en tous cas, les frais d'expertise et les dépens soient mis à la charge des requérants ;

Attendu que l'arrêté ministériel du 11 juin 1844 ne constitue pas une interdiction d'exploiter ; que le dommage dont se plaignent les requérants n'est pas actuellement appréciable et qu'il n'y a pas chose jugée sur ce point par la décision du conseil d'État du 15 juin 1864 ; que la levée de l'interdiction et la reprise de l'exploitation sont encore possibles ; que l'importance du préjudice causé aux concessionnaires de la mine a été évaluée, à tort, par la méthode des cubages et que, si le volume de la houille admis par le conseil de préfecture est exact, le chiffre du bénéfice net, déduction faite des frais d'épuisement des eaux, frais généraux et de traitements des employés, doit être réduit à

0 fr. 54 par tonne ; qu'enfin l'époque où l'interdiction causera un dommage aux requérants étant incertaine, et ce dommage n'ayant pas été évalué à un chiffre déterminé dans la demande elle-même, il ne peut être alloué d'intérêts, ni à titre compensatoire, ni en vertu de l'article 1153 du code civil.

Vu les observations du ministre des travaux publics en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme ci-dessus, le 19 décembre 1892;

Ensemble l'avis du conseil général des mines et les rapports des ingénieurs des mines;

Vu les observations en réplique présentées pour les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} et pour la Société anonyme des houillères de Rive-de-Gier, lesdites observations enregistrées, comme ci-dessus, le 29 décembre 1894, et par lesquelles les requérants déclarent persister dans leurs précédentes conclusions et demander, en outre, l'allocation des intérêts des intérêts;

Vu les conclusions nouvelles présentées pour les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} et la Société anonyme des houillères de Rive-de-Gier, lesdites conclusions enregistrées comme ci-dessus, les 15 janvier et 19 novembre 1895 et tendant à ce qu'il plaise au conseil, conformément aux conventions intervenues entre les requérants, attribuer l'indemnité afférente aux périmètres d'Egarande et de Pic-Pierre en entier à la Société des houillères de Rive-de-Gier; attribuer l'indemnité afférente au périmètre des Combes, pour les 372/640 à la Société des houillères de Rive-de-Gier et, pour le surplus, aux s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}.

Ensemble les actes des 29 mars 1866 et 14 août 1873, relatifs à l'acquisition, par la Société des houillères de Rive-de-Gier, des périmètres des Combes et de Pic-Pierre;

Vu les rapports des experts;

Vu les conclusions des parties devant le conseil de préfecture;

Vu le décret, en date du 15 juin 1864, rendu sur l'avis du conseil d'État au contentieux;

Vu l'ordonnance du 3 août 1825 portant concession des mines des Combes et Egarande, l'arrêté du ministre des travaux publics du 11 juin 1844 et l'arrêté du préfet du département de la Loire du 6 novembre 1885;

Vu les autres pièces produites et jointes au dossier;

Vu les lois des 28 pluviôse an VIII, 21 avril 1810 et 27 juillet 1830;

Oùï M. Baudenet, maître des requêtes, en son rapport;

Oùï M^e Durnerin, avocat de la Société des houillères de Rive-de-

Gier et des s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, et M^e Aguillon, avocat de la C^{ie} de Paris-Lyon-Méditerranée, en leurs observations;

Ouï M. Jagerschmidt, maître des requêtes, [commissaire du Gouvernement, en ses conclusions.

Sur les conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée tendant à faire décider que l'interdiction d'exploiter la houille dans une zone voisine de la voie ferrée ne peut donner lieu à aucune indemnité au profit des concessionnaires des mines des Combes et Égarande;

En ce qui concerne les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} :

Considérant que le décret au contentieux ci-dessus visé, rendu à la date du 15 juin 1864, sur l'instance pendante entre la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée et les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, ayants-droit des concessionnaires des mines des Combes et Égarande a reconnu que la concession de ces mines, antérieure à celle du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, ne contient aucune clause qui prohibe, en vue de l'établissement du chemin de fer, l'exploitation d'une partie du périmètre desdites mines; qu'il a décidé, en conséquence, que l'interdiction, prononcée par l'arrêté ministériel du 11 juin 1844, d'opérer aucune extraction à moins de 30 mètres d'un plan vertical passant par l'axe du chemin de fer, constitue, pour les concessionnaires, un dommage dont la réparation incombe à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée; qu'il y a donc chose jugée sur ce point entre cette compagnie et les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} ;

En ce qui concerne la Société des houillères de Rive-de-Gier :

Considérant que, si la Société des houillères de Rive-de-Gier n'était pas partie à l'instance tranchée par le décret ci-dessus visé du 15 juin 1864, et si elle ne peut pas opposer à la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée l'exception de chose jugée, elle est l'ayant-droit, pour partie, des concessionnaires primitifs, de même que les s^{rs} Coste, Clavel et autres; que, sur les conclusions de ceux-ci, le décret du 15 juin 1864 a déjà décidé, ainsi qu'il a été précédemment exposé, que l'interdiction prononcée par l'arrêté ministériel du 11 juin 1844 constitue un dommage dont la réparation est due aux concessionnaires et que la compagnie ne produit aucun argument, ni aucun motif, démontrant qu'il n'y a pas lieu de statuer de même sur les conclusions de la Société des houillères de Rive-de-Gier;

En ce qui concerne le chiffre de l'indemnité :

Considérant que, pour fixer le montant de l'indemnité, le conseil

de **préfecture** a cherché à déterminer la consistance du gîte minéral contenu dans le massif interdit, que les travaux d'exploitation antérieurement effectués ont permis de reconnaître ;

Considérant qu'il résulte de l'instruction, d'une part, que c'est avec raison que le **conseil de préfecture** a reconnu que le périmètre de Pic-Pierre ne **contenait** aucune quantité appréciable de charbon susceptible d'être exploitée ; que c'est également avec raison que l'arrêté attaqué a réduit l'évaluation, faite par les experts, de la quantité de houille **contenue** dans les périmètres des Combes et Égarande, afin de tenir **compte** des difficultés d'extraction et des causes de toute nature qui **auraient** pu influencer sur l'exploitation ; qu'enfin, il a classé les frais **généraux** et les frais d'épuisement parmi les charges qui grèvent l'exploitation et entrent en déduction pour établir le bénéfice net ;

Considérant, d'autre part, qu'il résulte de l'instruction que, si la levée de l'interdiction venait à se produire, l'importance des frais que nécessiterait la reprise de l'exploitation rendrait l'opération si onéreuse qu'il ne peut, contrairement aux conclusions de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, être fait état de cette éventualité ;

Que de ce qui précède il résulte que, ni les requérants, ni la compagnie n'établissent qu'en fixant à 21.332 francs, pour le périmètre des Combes, et à 18.485 francs pour le périmètre d'Égarande, l'indemnité accordée aux requérants, le conseil de préfecture ait fait une inexacte évaluation du préjudice dont il est dû réparation aux concessionnaires de la mine ;

Considérant que, conformément aux conclusions de la Société des houillères de Rive-de-Gier et des s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, qui représentent tous les ayants-droit des concessionnaires primitifs des mines des Combes et Égarande, il y a lieu de décider que l'indemnité de 18.485 francs afférente au périmètre d'Égarande sera attribuée en entier à la Société des houillères de Rive-de-Gier et que l'indemnité de 21.332 francs afférente au périmètre des Combes sera attribuée, suivant la proportion indiquée par les requérants eux-mêmes, jusqu'à concurrence de 12.398 fr. 223 à cette société et, pour le surplus (8.933 fr. 775), aux s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}.

En ce qui concerne les intérêts :

Considérant que les requérants ne justifient pas de leur droit à une indemnité exigible dès la date de l'arrêté d'interdiction, ni dès le 27 juin 1861, jour auquel les intérêts ont été demandés pour la première fois par les s^{rs} Coste et Clavel ; qu'il en était

autrement à la date du 27 juin 1884, lorsque la Société des houillères de Rive-de-Gier a demandé les intérêts des indemnités qui lui sont dues à raison de l'interdiction d'exploiter dans le périmètre d'Égarande, et à la date du 1^{er} juillet 1884, lorsque les s^{rs} Coste et Clavel et la Société des houillères de Rive-de-Gier ont demandé les intérêts des indemnités afférentes au périmètre des Combes; que c'est donc à partir du 27 juin 1884 que les intérêts doivent courir au profit de la Société des houillères de Rive-de-Gier pour l'indemnité à elle allouée pour le périmètre d'Égarande et à partir du 1^{er} juillet suivant, au profit de la même société et des s^{rs} Coste et Clavel, en ce qui concerne le périmètre des Combes;

En ce qui concerne les intérêts des intérêts :

Considérant que la Société des houillères de Rive-de-Gier et les s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} sont fondés à demander la capitalisation des intérêts des sommes qui leur sont allouées, aux 10 juin 1890 et 29 décembre 1894, dates auxquelles il leur était dû plus d'une année d'intérêts ;

En ce qui concerne les frais d'expertise :

Considérant que dans les circonstances de l'affaire c'est à tort que le conseil de préfecture a fait supporter les frais d'expertise pour les deux tiers par les requérants ; qu'ils doivent être mis en entier à la charge de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Décide :

Art. 1^{er}. — La C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée paiera :

1^o A la Société des houillères de Rive-de-Gier, à raison du dommage résultant de l'interdiction de l'exploitation, en ce qui concerne le périmètre d'Égarande, une indemnité de dix-huit mille quatre cent quatre-vingt-cinq francs (18.485 francs) avec intérêts à partir du 27 juin 1884 et, en ce qui concerne le périmètre des Combes, une indemnité de douze mille trois cent quatre-vingt-dix-huit fr. 225 (12.398 fr. 225), avec intérêts à partir du 1^{er} juillet 1884;

2^o Aux s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, à raison du dommage résultant pour eux de l'interdiction de l'exploitation relative au périmètre des Combes, une indemnité de huit mille neuf cent trente-trois fr. 775 (8.933 fr. 775) avec intérêts à partir du 1^{er} juillet 1884.

Art. 2. — Les frais d'expertise seront supportés en entier par la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Art. 3. — L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture du

département de la Loire est réformé en ce qu'il a de contraire aux dispositions qui précèdent.

Art. 4. — Les intérêts des sommes allouées à la Société des houillères de Rive-de-Gier et aux s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}, seront capitalisés aux 10 juin 1890 et 29 décembre 1894 pour porter eux-mêmes intérêts.

Art. 5. — Le surplus des conclusions de la Société des houillères de Rive-de-Gier et des s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie} et le recours incident de la C^{ie} des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée sont rejetés.

Art. 6. — Les dépens seront supportés par la Société des houillères de Rive-de-Gier et des s^{rs} Coste, Clavel et C^{ie}.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

NOMINATIONS.

Décret du 24 novembre 1896. — Sont nommés Ingénieurs ordinaires de 3^e classe au Corps national des Mines, pour prendre rang à dater du 16 décembre 1896, les Élèves-Ingénieurs hors concours dont les noms suivent :

**MM. Lebrun,
Caltaux,
Chipart,
Ravier.**

AVANCEMENTS.

Arrêté du 11 novembre 1896. — Sont élevés à la 1^{re} classe de leur grade, pour prendre rang à dater du 1^{er} octobre 1896, les Ingénieurs en Chef de 2^e classe dont les noms suivent, savoir :

**MM. Le Chatelier,
Lodin,
Heurteau,
Clérault.**

Arrêté du 11 novembre. — **M. Fèvre**, Ingénieur ordinaire de 2^e classe, est élevé à la 1^{re} classe de son grade, pour prendre rang à dater du 1^{er} octobre 1896.

Arrêté du 11 novembre. — Sont élevés à la 2^e classe de leur grade, pour prendre rang à dater du 1^{er} octobre 1896, les Ingénieurs ordinaires de 3^e classe dont les noms suivent, savoir :

**MM. Leproux,
Weiss.**

Arrêté du 20 novembre. — **M. Langlois**, Ingénieur en chef de 2^e classe, est élevé à la 1^{re} classe de son grade, pour prendre rang à dater du 1^{er} décembre 1896.

RETRAITE.

Date d'exécution.

Décret du 20 novembre 1896. — **M. Langlois**, Ingénieur en chef de 1^{re} classe..... 1^{er} déc. 1896.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 20 novembre 1896. — **M. Henriot**, Ingénieur en Chef de 2^e classe, chargé du service de l'arrondissement minéralogique du Mans, est chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Nancy, en remplacement de **M. Langlois**.

Cette disposition aura son effet à dater du 1^{er} décembre 1896.

Arrêté du 20 novembre. — **M. Cousin**, Ingénieur ordinaire de 1^{re} classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Nancy et du 2^e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Est, est chargé du service de l'arrondissement minéralogique du Mans, en remplacement de **M. Henriot**.

M. Cousin, remplira les fonctions d'Ingénieur en chef.

Ces dispositions auront leur effet à dater du 1^{er} décembre 1896.

Arrêté du 20 novembre. — **M. Villain**, Ingénieur ordinaire de 2^e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul et du 3^e arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Est, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Nancy et du 2^e arrondissement du service de Contrôle ci-dessus désigné, en remplacement de **M. Cousin**.

Cette disposition aura son effet à dater du 1^{er} décembre 1896.

Arrêté du 23 novembre. — **M. Colin de Verdière**, Ingénieur ordinaire de 3^e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Rodez, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Moulins et du 8^e arrondissement du Contrôle de l'exploitation technique du chemin de fer d'Orléans (*).

(*) Voir *infra*, p. 606, l'arrêté du 23 novembre (Chemins de fer en exploitation).

Arrêté du 23 novembre. — **M. Cuvelette**, Ingénieur ordinaire de 3^e classe, chargé du sous-arrondissement minéralogique de Toulouse-Ouest et attaché, en outre, aux services du Contrôle de l'exploitation technique des réseaux d'Orléans et du Midi, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand et du 4^e arrondissement du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de **M. de Béchevel**, précédemment mis en disponibilité.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Dans la séance du 23 novembre 1896, **M. Michel Lévy**, Ingénieur en chef de 1^{re} classe, a été élu membre de l'Académie des sciences (section de minéralogie) en remplacement de **M. Daubrée**.

II. — Contrôleurs.

NOMINATIONS.

17 novembre 1894. — **M. Flatraud** (Albert), candidat déclaré admissible (n° 9) au concours de 1894, est nommé, Contrôleur des mines de 4^e classe et attaché dans le département de la Haute-Savoie, au service du sous-arrondissement minéralogique de Chambéry.

DÉCISIONS DIVERSES.

17 novembre 1896. — **M. Perrot**, Contrôleur de 3^e classe attaché, dans le département de la Haute-Savoie, au service du sous-arrondissement minéralogique de Chambéry, passe dans le département de la Corse, à la résidence de Bastia, aux services du sous-arrondissement minéralogique de Marseille-Sud et du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer corses.

23 novembre. — **MM. Seignobosc** (Théodore), Contrôleur de 1^{re} classe, et **Pommier**, Contrôleur de 3^e classe, attachés dans

le département du Puy-de-Dôme, au service du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand et aux services du Contrôle de l'exploitation des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée et d'Orléans, cessent d'être attachés au dernier de ces réseaux.

23 novembre. — MM. **Varin**, Contrôleur de 1^{re} classe, et **Vander-notte**, Contrôleur de 4^e classe, attachés dans le département de l'Allier, au service du sous-arrondissement minéralogique de Moulins, sont attachés, en outre, au service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 17 novembre 1896. — Le service du Contrôle de l'exploitation des lignes de Saint-Loup-de-la-Salle à Beaune et de Lure à Loulans-les-Forges (réseau de Paris-Lyon-Méditerranée) est rattaché, savoir :

1^o Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 2^o arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées ;

2^o Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 2^o arrondissement d'Ingénieur ordinaire des Mines ;

3^o Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 1^{re} circonscription d'Inspecteur de l'exploitation ;

4^o Pour la surveillance administrative :

a) Ligne de Saint-Loup-de-la-Salle à Beaune : au commissariat de Chagny ;

b) Ligne de Lure à Loulans-les-Forges : au commissariat de Besançon.

Arrêté du 23 novembre. — Le siège du 8^o arrondissement du service du Contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer d'Orléans est transféré de Clermont-Ferrand à Moulins.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES.

Par décisions du Ministre des travaux publics en date des 15 octobre 1895, 15, 17 juillet et 18 septembre 1896 ont été nommés Élèves externes de première année à l'École nationale supérieure des Mines :

**MM. Rau,
Lambert,
Guillemot,
Iweins,
Morel d'Arloux,
Strap,
Lamarque,
Dubois,
Revelière,
des Fossez,
Husson,
Renard,
Pavie,
Constant,
Molas.**

**MM. Chevauché,
Garas,
Hedde,
Germain,
Dumont,
Morillon,
Mercier,
Rosset,
Fischbacher,
de Larouverade,
Langlois,
Henriot,
Dinoire,
Pailly,
Bassal.**

Par décision du 31 octobre 1896, ont été nommés Élèves des Cours préparatoires à la même École, pour l'année scolaire 1896-1897 :

**MM. Guillain,
Franjoux,
Pugh,
Lambert,
de la Condamine,
Tourreil,
Jacquelin,
Cornac,
Lallement,
Saget,
Pelvey,
Hervouet,
Sudre,
Harlé (Jean),**

**MM. George,
Harlé (Henri),
Magne,
Renaux,
Salles,
Stéphanopoli,
Morize,
Amelin,
Dombre,
Pornin,
Barret,
Jordan,
Rague.**

PERSONNEL.

Les deux décisions du 6 novembre 1896, ont été également prises pour nommer des Élèves des Cours préparatoires en remplacement d'Élèves missionnaires :

1. Brun,	MM. Vatin,
Garnier,	Piette,
Coblentz,	Catrice,
Papin,	Cuan.
Beaufond,	

Par les décisions des 13 juillet et 31 octobre 1896, les candidats étrangers dont les noms suivent ont été autorisés, après avoir subi un examen de capacité, à suivre, comme Élèves étrangers, pendant l'année scolaire 1896-1897 :

1° Les Cours spéciaux de 1^{re} année :

1. Widhopff,	MM. Krasnoff,
Bonkspoun,	Savatzeano,
Lupu,	Probatî,
Antoniadès.	Pavalesco.

2° Les Cours préparatoires :

1. Mascias,	MM. Poénaru,
Sépulchre,	Iaroslawitch,
Gérassi,	Alfassa,
Desposito,	Nasrollah-Khan
Frossard de Saugy.	Negulici.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT

LES MINES, CARRIÈRES, SOURCES D'EAUX MINÉRALES
CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

Décret du Président de la République, du 9 décembre 1896, déclarant d'utilité publique l'établissement d'un chemin de fer destiné à relier la mine de fer d'AMANCE à la ligne de NANCY à MONCEL (Meurthe-et-Moselle).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics;

Vu la demande présentée, le 22 juin 1895, par la Société anonyme de Vezin-Aulnoye, concessionnaire des mines de fer d'Amance (Meurthe-et-Moselle), à l'effet d'obtenir la déclaration d'utilité publique d'un chemin de fer à petite section, destiné à relier cette mine à la ligne de Nancy à Moncel, et d'un raccordement, à voie normale, sur cette ligne, près la gare d'Eulmont-Agincourt;

Vu la lettre de ladite société, en date du 15 mai 1896;

Vu l'avant-projet présenté à l'appui de cette demande, et notamment le plan visé, le 31 mars 1896, par l'ingénieur en chef des mines, chargé de l'arrondissement minéralogique de Nancy;

Vu le procès-verbal des conférences mixtes auxquelles a été soumis cet avant-projet;

Vu les pièces de l'enquête d'utilité publique à laquelle a été soumise la demande ci-dessus visée, et notamment l'avis de la commission d'enquête, du 7 octobre 1895;

Vu l'avis de la chambre de commerce de Nancy, en date du 28 septembre 1895;

Vu les rapport et avis des ingénieurs des mines, des 13 et 16 mai 1896;

Vu l'avis du préfet de Meurthe-et-Moselle, du 21 mai 1896;

Vu l'avis du conseil général des mines, du 5 juin 1896;

Vu le cahier des charges arrêté par le ministre des travaux publics, le 9 décembre 1896;

Vu la loi sur les mines du 21 avril 1810, modifiée par la loi du 27 juillet 1880, et notamment l'article 44;

Vu la loi du 3 mai 1841, sur l'expropriation pour cause d'utilité publique, et l'ordonnance réglementaire du 18 février 1834;

Vu les articles 20 et 22 de la loi du 11 juin 1880;

Le conseil d'État entendu,

Décrète :

Art. 1^{er}. — Est déclaré d'utilité publique l'établissement d'un chemin de fer à petite section, destiné à relier la mine de fer d'Amance à la ligne de Nancy à Moncel, sur le territoire des communes de Bouxières-aux-Chênes, Amance et Dommartin-sous-Amance, et d'un raccordement, à voie normale, sur cette ligne, près la gare d'Eulmont-Agincourt.

La présente déclaration d'utilité publique sera considérée comme non avenue, si les expropriations nécessaires pour l'exécution dudit chemin de fer ne sont pas accomplies dans le délai de dix-huit mois, à partir du présent décret.

Art. 2. — La Société anonyme de Vezin-Aulnoye est autorisée à construire le chemin de fer et le raccordement dont il s'agit, à ses frais, risques et périls, suivant le tracé n° 2 indiqué au plan ci-dessus visé, et conformément aux clauses et conditions du cahier des charges également susvisé.

Les susdit plan et cahier des charges resteront annexés au présent décret.

Art. 3. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 9 décembre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

TURREL.

CAHIER DES CHARGES

DU CHEMIN DE FER DE LA MINE D'AMANCE A LA LIGNE
DE NANCY A MONCEL.

TITRE I.

TRACÉ ET CONSTRUCTION.

Tracé.

Art. 1^{er}. — Le chemin de fer qui fait l'objet du présent cahier des charges partira de la mine d'Amance et aboutira à la gare d'Eulmont-Agincourt, ligne de Nancy à Moncel. Il sera établi conformément aux indications du projet d'ensemble présenté à la date du 22 juin 1895, par ladite Société de Vezin-Aulnoye.

Approbation des projets de détail.

Art. 2. — Aucun travail ne pourra être entrepris pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances qu'avec l'autorisation de l'administration supérieure. A cet effet, les projets de tous les travaux à exécuter seront dressés en double expédition et soumis à l'approbation du ministre qui prescrira, s'il y a lieu, telles modifications que de droit. L'une de ces expéditions sera remise à la société avec le visa du ministre, l'autre demeurera aux archives de l'administration.

Avant comme pendant l'exécution, la société aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'elle jugerait utiles ; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'administration supérieure.

Exécution des travaux.

Art. 3. — La société n'emploiera dans l'exécution des ouvrages que des matériaux de bonne qualité ; elle sera tenue de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des divers cours d'eau et des chemins publics ou particuliers, seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourraient être admis par l'administration.

Art. 4. — Sur les parties de la route départementale n° 14 empruntées par la voie ferrée, l'axe de la voie sera à 1^m,80, au plus, de l'arête intérieure du fossé de la route.

La société concessionnaire sera, à titre révocable, dispensée de poser des rails à gorge ou des contre-rails, le long de la voie publique; les rails du côté de la chaussée seront posés au niveau de celle-ci sans former saillie, ni dépression.

Aux points où la voie franchira la route, cette traversée se fera à niveau et sous un angle de 45° au moins; à l'intérieur de la voie et à l'extérieur des rails, sur 0^m,50 de largeur, sera établi un pavage en granit ou en laitier de hauts-fourneaux.

Clôtures.

Art. 5. — Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition seront agréés par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle. La société pourra, en vertu des articles 20 et 22 de la loi du 11 juin 1880, être dispensée par le préfet, sous réserve de l'approbation ministérielle, de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie, mais elle devra fournir des justifications spéciales pour être dispensée d'en établir :

- 1° Dans la traversée des lieux habités ;
- 2° Dans les parties contiguës à des chemins publics ;
- 3° Sur 10 mètres de longueur au moins de chaque côté des passages à niveau et des stations.

Barrières et maisons de garde des passages à niveau.

Art. 6. — Sous réserve de l'approbation ministérielle, le préfet déterminera, sur la proposition de la société, les types des barrières qu'elle devra poser aux passages à niveau, ainsi que les abris, ou maisons de garde à établir.

Il peut dispenser d'établir des maisons de garde, ou des abris, ou même de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

Contrôle et surveillance des travaux.

Art. 7. — Les travaux seront exécutés sous le contrôle et la surveillance de l'administration.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à la sûreté de la circulation.

Les chantiers ouverts sur le sol des voies publiques seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Réception des travaux.

Art. 8. — Lorsque les travaux seront terminés, ils sera procédé à la reconnaissance de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le ministre désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le ministre autorisera, s'il y a lieu, la mise en circulation des trains sur la voie ferrée.

Bornage et plan cadastral.

Art. 9. — Immédiatement après l'achèvement des travaux, et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, la société fera faire, à ses frais, un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence d'un représentant de l'administration, ainsi qu'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Elle fera dresser, également à ses frais et contradictoirement avec l'administration, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas sera dressé aux frais de la société et déposée aux archives de la préfecture.

Les terrains acquis par la société postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui par cela même deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral ; addition sera faite également sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II.

ENTRETIEN ET EXPLOITATION.

Entretien.

Art. 10. — Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Si, par suite du défaut d'entretien ou pour toute autre raison, l'exploitation venait à présenter certains dangers, le ministre pourra interdire la circulation des trains jusqu'à ce que la ligne ait été remise en état et que toute cause de danger ait disparu.

Dans le cas où la facilité et la sécurité de la circulation sur les voies publiques, ainsi que le libre écoulement des eaux, viendraient à être compromis, le préfet pourra y pourvoir d'office aux frais de la société.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Art. 11. — Dans les parties de la route départementale n° 14 empruntées par la voie ferrée, la Société de Vezin-Aulnoye fournira, sur les points qui seront fixés par le préfet, des emplacements pour les dépôts de matériaux d'entretien.

Elle aura à entretenir la surface de route occupée par ses voies et sur une zone de 0^m,50 de largeur, à partir de chaque rail extérieur.

Elle devra maintenir l'accès des voitures à la voie publique, au droit

des chemins publics et particuliers, ainsi que des entrées charretières. Elle prendra, à tout moment, les dispositions nécessaires pour faciliter l'exécution des travaux prescrits ou autorisés par l'administration, afin de créer de nouveaux accès, soit aux chemins publics et particuliers, soit aux propriétés riveraines. Elle aura à effectuer, à ses frais, les modifications à apporter à ses voies, pour assurer ces nouveaux accès.

Gardiens.

Art. 12. — La société sera tenue d'établir à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, des gardiens en nombre suffisant pour assurer la sécurité du passage des trains sur la voie et celle de la circulation sur les points où le chemin de fer traverse à niveau des routes ou chemins publics.

Mesures de sécurité.

Art. 13. — La société sera tenue de prendre toutes les mesures qui pourront lui être prescrites par le préfet sous l'autorité du ministre pour assurer la sécurité de l'exploitation.

La longueur des trains sur la route départementale n° 14 ne devra pas dépasser 30 mètres, leur vitesse sera inférieure à 20 kilomètres à l'heure.

TITRE III.

CLAUSES DIVERSES.

Art. 14. — Dans le cas où le gouvernement, le département ou les communes ordonneraient ou autoriseraient la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traverseraient la ligne, la société ne pourra s'opposer à ces travaux, mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucun frais pour la société.

Art. 15. — Pendant toute la durée de l'existence de la voie ferrée sur la route départementale n° 14, la Société de Vezin-Aulnoye paiera une redevance annuelle au département.

Art. 16. — Il est interdit à la société d'établir sur la voie ferrée un service public de transport de voyageurs ou de marchandises. Elle sera tenue de transporter gratuitement, sur les voies, les matériaux d'empièchement arrivés en gare d'Eulmont-Agincourt, à destination des parties de routes empruntées. Le chargement et le déchargement de ces matériaux seront exécutés par les soins et aux frais du département.

Art. 17. — Les frais de visite, de surveillance et de reconnaissance des travaux et de surveillance de l'exploitation seront supportés par la société, et le montant en sera recouvré comme en matière de contributions publiques.

Art. 18. — Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges seront supportés par la société.

Vu pour acceptation :

Pour la Société de Vezin-Aulnoye :

Le directeur des Établissements de l'Est,
Victor SÉPULCHRE.

Approuvé :

Paris, le 9 décembre 1896.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

Décret du Président de la République, du 18 décembre 1896, portant acceptation de la renonciation à la concession des mines de zinc, plomb, argent et autres métaux connexes de GRIMAUD (Var).

(EXTRAIT.)

Art. 1^{er}. — Est acceptée la renonciation de la Société anonyme des mines des Bormettes à la concession des mines de zinc, plomb, argent et autres métaux connexes de Grimaud (*), communes de Grimaud et de la Garde-Freinet, arrondissement de Draguignan, département du Var.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé, etc.

Décret du Président de la République, du 31 décembre 1896, portant réorganisation de la haute administration de l'ALGÉRIE.

RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 31 décembre 1896.

Monsieur le Président,

Depuis plus de cinq ans, la question des réformes à introduire dans la haute administration de l'Algérie fait l'objet des préoccupations du Parlement.

(*) Concession instituée par décret du 26 novembre 1894 (volume de 1894, p. 517).

En 1891, le Sénat a chargé une commission de dix-huit membres d'étudier dans leur généralité les modifications à apporter dans la législation et dans l'organisation des services de l'Algérie. Plusieurs rapports ont déjà été déposés au nom de cette commission. L'un d'eux, rédigé par M. Jules Ferry, a été consacré à l'examen des conditions dans lesquelles fonctionne le gouvernement général de l'Algérie et de celles suivant lesquelles il conviendrait de le réorganiser. Les conclusions de ce rapport ont été discutées par le Sénat dans ses séances des 25, 26, 29 et 30 mai 1893; elles ont été ratifiées par l'ordre du jour suivant :

« Le Sénat, constatant l'accord du Gouvernement et de la commission sur la nécessité de rapporter les décrets de rattachement et de fortifier les pouvoirs du gouverneur général de l'Algérie, conformément aux conclusions du rapport et aux déclarations de la commission, passe à l'ordre du jour. »

Dans le courant du mois de novembre 1896, la Chambre des députés, de son côté, saisie de ces mêmes questions par l'honorable M. Fleury-Ravarin, a manifesté son sentiment, sur les réformes dont l'exécution était demandée, par le vote de l'ordre du jour ci-après :

« La Chambre, approuvant les efforts faits depuis quelques années pour rétablir l'ordre dans l'administration de l'Algérie, convaincue que le système des rattachements édicté par les décrets du 26 août 1881 constitue un obstacle au bon fonctionnement des services publics en Algérie et à la réalisation des réformes, invite le Gouvernement : 1° à rapporter immédiatement ces décrets et à réorganiser la haute administration de la colonie; 2° à déposer sans retard un projet de loi, tant pour constituer le contrôle que pour régler la composition et le fonctionnement du conseil supérieur. »

Pour répondre aux intentions manifestées par les Chambres, j'ai préparé un projet de décret que j'ai l'honneur de soumettre à votre signature.

L'autorité du gouverneur général de l'Algérie, qui se confondait avec celle du chef de l'armée pendant les premiers temps de la conquête, a été pendant longtemps déterminée et limitée par des dispositions particulières qui ne visaient que certains services spéciaux. C'est ainsi que les arrêtés du chef du pouvoir exécutif, en date des 16 et 20 août 1848, ont rattaché directement aux ministères, à Paris, les services des cultes, de l'instruction publique et de la justice, sauf en ce qui concerne les musulmans. Un arrêté du 12 octobre de la même année a prononcé le même

rattachement pour le service des douanes. Ultérieurement, un décret du 18 décembre 1874 a placé sous l'autorité directe du ministre de l'intérieur les services de l'administration pénitentiaire.

Enfin, les décrets des 11 mars et 26 août 1881 ont généralisé l'œuvre des rattachements en plaçant sous la direction immédiate des ministres les services qui relevaient encore du gouverneur général. Il a paru au Parlement et au Gouvernement que l'expérience a révélé les inconvénients de cette organisation.

Conformément aux résolutions des Chambres, l'article 1^{er} du projet de décret porte abrogation des décrets des 11 mars et 26 août 1881 ; il a paru sans inconvénients de rapporter également le décret du 18 décembre 1874, relatif à l'administration pénitentiaire.

Cette abrogation impose au Gouvernement l'obligation de faire revivre les dispositions qui régissaient avant 1881 la haute administration de l'Algérie, et de déterminer, avec autant de précision que le comporte un texte d'ordre aussi général, le rôle et les attributions du gouverneur général.

A cet effet, le décret rappelle tout d'abord le mode de nomination du gouverneur général ; il pose ensuite le principe que le gouverneur général représente en Algérie le Gouvernement de la République, qu'il centralise sous son autorité le gouvernement et la haute administration de l'Algérie et qu'il a droit de préséance sur tous les fonctionnaires civils et militaires (art. 2 et 3).

Les attributions du gouverneur général, en ce qui concerne les services militaires, font l'objet de l'article 4. Elles sont en principe les mêmes que celles existant actuellement ; mais il a semblé indispensable de prévoir l'éventualité, jusqu'à présent négligée, de mesures nécessaires à la sûreté intérieure ou à la défense de l'Algérie. Dans cet ordre d'idées, le décret dispose que le gouverneur général agit de concert avec le commandant en chef du 19^e corps et le contre-amiral commandant la marine, et qu'en cas de dissentiment il en réfère au Gouvernement ou, s'il y a urgence, requiert l'exécution des mesures qu'il juge utiles.

Aucune disposition n'avait jusqu'ici réglé le rôle du gouverneur général dans les questions qui naissent de la situation même de l'Algérie et de la nature de ses populations sur les frontières du Maroc ou de la Tunisie et dans le Sahara. Cette lacune est comblée ; à l'avenir le gouverneur général correspondra directement avec le ministre de France au Maroc et avec le résident général de France à Tunis ; mais il ne pourra engager d'action politique ou diplomatique qu'avec l'autorisation du Gouvernement.

Les attributions du gouverneur général en matière de services civils sont déterminées par les articles 5, 6, 7. L'article 5 vise les services qui demeurent rattachés aux ministères compétents, c'est-à-dire les services non musulmans de la justice, des cultes et de l'instruction publique, la trésorerie et les douanes. Cependant, en ce qui concerne notamment ce dernier service, le gouverneur général devra être avisé de tous les incidents de nature à intéresser la sécurité de la colonie, et il devra être consulté sur toutes les questions qui touchent à la vie économique du pays.

Les articles 6 et 7 visent les services placés sous l'autorité du gouverneur général. En ce qui concerne le personnel de l'enregistrement, des contributions directes et diverses, le gouverneur général conserve les mêmes attributions qu'il exerçait auparavant. Il devra être consulté sur la fixation de la résidence, l'avancement et les mesures disciplinaires en ce qui touche les agents des autres administrations métropolitaines mis à sa disposition.

L'article 8 fixe les règles du contrôle administratif auquel seront soumis les actes du gouverneur général; un rapport mensuel doit être adressé au ministre de l'intérieur. En outre, un rapport annuel doit être établi et communiqué au Parlement.

L'article 9 et dernier est relatif aux conditions d'établissement du budget de l'Algérie et à l'ordonnancement des dépenses.

Ces dispositions répondent à la résolution adoptée par le Sénat dans sa séance du 30 mai 1893 et à la première partie de l'ordre du jour voté par la Chambre des députés le 10 novembre dernier.

Le Gouvernement s'occupe actuellement de la préparation du projet de loi relatif à la constitution d'un contrôle et à l'organisation du conseil supérieur de l'Algérie qui a été visé dans la seconde partie de l'ordre du jour de la Chambre. Il étudie, en outre, un projet de loi concernant spécialement l'administration des intérêts particuliers aux indigènes. Ces deux projets seront déposés sur le bureau de la Chambre des députés le jour même de la reprise des travaux parlementaires.

Veillez agréer, monsieur le Président, l'hommage de mon profond respect.

Le Ministre de l'intérieur,
LOUIS BARTHOU.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre de l'intérieur,
Décrète :

Art. 1^{er}. — Sont rapportés les décrets du 18 décembre 1874, du 11 mars 1881 et du 26 août 1881 (*).

Sont également rapportés tous les décrets et décisions portant délégation de pouvoirs des ministres au gouverneur général de l'Algérie par application des dispositions sus-rappelées.

Nomination et attributions de gouvernement du gouverneur général.

Art. 2. — Le gouverneur général de l'Algérie est nommé par décret du Président de la République, rendu en conseil des ministres, sur la proposition du ministre de l'intérieur.

Le gouvernement et la haute administration de l'Algérie sont centralisés à Alger, sous son autorité.

Art. 3. — Le gouverneur général représente le Gouvernement de la République dans toute l'étendue du territoire algérien. Il a le droit de préséance sur tous les fonctionnaires civils et militaires.

Il est consulté sur la nomination de tous les hauts fonctionnaires.

Des attributions du gouverneur général en ce qui concerne les services militaires.

Art. 4. — Les généraux de division, en ce qui concerne l'administration des territoires de commandement, sont placés sous la direction immédiate du gouverneur général.

Le général commandant le 19^e corps d'armée et le contre-amiral commandant la marine en Algérie relèvent, au même titre que les autres commandants de corps d'armée et les autres commandants de la marine, des ministres de la guerre et de la marine.

Le gouverneur général prend, d'accord avec eux, les mesures que nécessitent la sûreté intérieure ou la défense de l'Algérie.

En cas de dissentiment, il en réfère au Gouvernement; s'il y a urgence, il agit par voie de réquisition.

Le gouverneur général correspond directement avec le ministre de France au Maroc et le résident général de France à Tunis. Il ne peut engager d'action politique ou diplomatique en dehors de l'autorisation du Gouvernement.

(*) Volume de 1881, p. 351.

*Des attributions du gouverneur en matière de services civils. —
Dispositions particulières aux services rattachés.*

Art. 5. — Tous les services civils de l'Algérie sont placés sous la direction du gouverneur général, à l'exception des services non musulmans de la justice, des cultes, de l'instruction publique et des services de la trésorerie et des douanes, qui demeurent sous l'autorité des ministres compétents.

Toutefois, le gouverneur général est consulté sur la nomination des juges de paix et des officiers ministériels. Il assigne leur résidence aux interprètes près les justices de paix.

Le gouverneur général est également consulté sur toutes les modifications du tarif des droits de douane et de navigation, d'octroi de mer et sur toutes les modifications relatives à l'organisation du service.

Il lui est rendu compte de tous les incidents pouvant intéresser la police et la sécurité générale.

Les rapports de l'inspection générale des finances concernant la gestion des fonctionnaires mis à la disposition du gouverneur général ou nommés par lui ou l'organisation des services placés sous sa direction sont adressés au gouverneur général en même temps qu'au ministre des finances.

Dispositions particulières aux services non rattachés.

Art. 6. — Les fonctionnaires et agents des services particuliers à l'Algérie et les brigadiers et gardes domaniaux des forêts sont placés directement sous l'autorité du gouverneur général.

Les fonctionnaires et agents des administrations métropolitaines sont mis à sa disposition. Il est consulté sur leur résidence, émet son avis sur les propositions d'avancement et sur les mesures disciplinaires. En cas d'urgence, il prononce leur suspension de fonctions.

Le gouverneur général exerce les attributions qu'il exerçait antérieurement au présent décret en ce qui concerne le personnel des services de l'enregistrement, des contributions directes et des contributions indirectes.

Art. 7. — Les directions générales des contributions directes, des contributions indirectes, de l'enregistrement, des domaines et du timbre, des postes et télégraphes et l'administration des forêts exercent, en Algérie, les mêmes attributions que dans la

métropole quant à l'assiette et à la perception des impôts, taxes et droits dont elles assurent le recouvrement, ainsi que des amendes et contraventions y relatives.

Les directeurs des départements de l'Algérie correspondent directement avec les administrations centrales à Paris, au sujet des questions concernant cette partie du service, de la même manière et dans les mêmes formes que leurs collègues des autres départements.

Toutefois, les propositions de ces chefs de service sont adressées au gouverneur général, qui les transmet à l'administration centrale avec ses observations et son avis, quand la question touche à la législation spéciale de l'Algérie. Un double des rapports relatifs à la restitution et à la remise gracieuse d'amendes ou de droits en sus lui est communiqué.

Aucune concession de forêts à titre définitif ou temporaire ne pourra être faite sans l'autorisation du ministre compétent.

Art. 8. — Le gouverneur général correspond avec chacun des ministres pour les affaires concernant son département.

Il rend compte de ses actes au ministre de l'intérieur et, en même temps, pour les services dénommés à l'article 7, aux ministres compétents.

Il adresse, chaque mois, au ministre de l'intérieur un rapport dans lequel sont analysées et expliquées toutes les décisions dont il n'a pas été rendu compte immédiatement. En outre, il lui remet, chaque année, un rapport général détaillé qui est communiqué au Parlement.

Art. 9. — Le budget des dépenses de l'Algérie est préparé, sauf pour les exceptions prévues à l'article 5, par le gouverneur général après avis du conseil supérieur.

Il est divisé en sections correspondant aux ministères intéressés. Le travail relatif à chaque section est adressé au ministre compétent.

Il fait l'objet, dans les lois annuelles des finances, d'un état spécial, figurant à la suite de l'état législatif concernant les dépenses du budget spécial de la métropole.

Les crédits sont ouverts au ministre de l'intérieur, sauf pour les services non musulmans de la justice, des cultes et de l'instruction publique, pour les services de la trésorerie et des douanes et pour les services énumérés à l'article 7.

Le ministre de l'intérieur et les ministres dans les attributions desquels rentrent les services énumérés à l'article 7, mettent les crédits ouverts par le Parlement à la disposition du gouverneur

général, qui peut ou les ordonnancer directement ou en assigner une partie aux ordonnateurs secondaires.

L'état de ces ordonnateurs est adressé au ministre des finances.

Art. 10. — Les ministres de l'intérieur, des finances, de la justice et des cultes, de la marine, de la guerre, des affaires étrangères, de l'instruction publique et des beaux-arts, du commerce, de l'industrie et des postes et des télégraphes, de l'agriculture, des travaux publics et des colonies, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Bulletin officiel* du gouvernement général de l'Algérie, et publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 31 décembre 1896.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre de l'intérieur,
LOUIS BARTHOU.

Le Président du conseil,
Ministre de l'agriculture,
J. MÉLINE.

Le Ministre des finances,
Georges COCHERY.

Le Garde des sceaux,
Ministre de la justice et des cultes,
J. DARLAN.

Le Ministre de la marine,
BESNARD.

Le Ministre de la guerre,
BILLOT.

Le Ministre des affaires étrangères,
G. HANOTAUX.

Le Ministre de l'instruction publique
et des beaux-arts,
RAMBAUD.

Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,
Henry BOUCHER.

Le Ministre des travaux publics
TURREL.

Le Ministre des colonies,
André LEBON.

EAUX MINÉRALES.

(Arrêtés du ministre de l'intérieur.)

*État des sources d'eau minérale dont l'exploitation et la vente
ont été autorisées pendant l'année 1896.*

DÉPARTEMENTS	COMMUNES où sont situées les sources	NOMS DES SOURCES	DATES des arrêtés d'auto- risation
			1896
Allier.....	Saint-Yorre.....	Source Neptune.....	28 mars.
	Id.	— Spéciale.....	24 août.
	Chanéac.....	— la Bien-aimée.....	11 janvier.
Ardèche.....	Id.	— Renaissance.....	11 id.
	Vals.....	— Normale.....	24 août.
	Id.	— Saint-Jacques.....	
Aude.....	Alet.....	— des Arabes.....	21 avril.
	Id.	— Orientale.....	
Cantal.....	Saint-Martin-Valmé- roux.....	— la Font-Sainte.....	21 id.
Nièvre.....	Fourchambault.....	— Sainte-Anne (n° 2).....	21 id.
	Saint-Myon.....	— du Communal.....	10 février.
	Id.	— Rigaud-Bresson.....	21 avril.
Puy-de-Dôme....	Saint-Priest-Brame- fant.....	— Vercingétorix.....	21 juillet.
	Saint-Nectaire.....	Grande source rouge.....	23 avril.
Pyrén.-Orientales.	Le Boulou.....	Source de Molas.....	21 id.
Haute-Savoie.....	Evian-les-Bains.....	— Première.....	24 mars.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

AUX PRÉFETS, AUX INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

FORMULES A EMPLOYER POUR LA SURVEILLANCE DES APPAREILS A VAPEUR
PLACÉS A BORD DES BATEAUX QUI NAVIGUENT DANS LES EAUX MARI-
TIMES.

A Monsieur le Préfet du département d

Paris, le 7 décembre 1896.

Monsieur le Préfet, mon administration vient d'arrêter le type des formules à employer pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes, en remplacement de celles qui étaient en usage sous le régime de l'ordonnance du 17 janvier 1846 (*), abrogée par le décret du 1^{er} février 1893 (**). Ces formules sont au nombre de huit, dont quatre se rapportent aux opérations générales de la surveillance, les quatre autres étant applicables à des cas spéciaux prévus par les articles 11, 45 et 36 du décret précité ; elles sont numérotées de 1 à 8 ; chaque numéro est précédé de l'abréviation V. B. M. destinée à indiquer qu'elles se rapportent aux appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes ; elles sont imprimées sur format 0^m,21/0^m,31, afin de faciliter le classement dans les archives ; enfin, elles portent respectivement les titres ci-après, qui déterminent d'une manière suffisamment explicite l'objet de chacune d'elles, savoir :

(*) *Annales des Mines*, 1^{er} volume de 1846, p. 621.

(**) Volume de 1893, p. 21.

- N° 1. *Procès-verbal de visite et d'essai ;*
- N° 2. *Permis de navigation ;*
- N° 3. *Procès-verbal de visite annuelle ;*
- N° 4. *Procès-verbal de visite de bateaux, chaudières, récipients, etc.*

(Cette formule doit servir à la rédaction des procès-verbaux relatant les visites effectuées par application de l'article 36 du décret du 1^{er} février 1893.)

- N° 5. *Autorisation provisoire de navigation délivrée par arrêté préfectoral ;*
- N° 6. Chaudières placées à bord des bateaux à voiles, pontons, dragues, chalands, etc. :
Procès-verbal de visite et d'épreuve.
- N° 7. Chaudières placées à bord des bateaux à voiles, pontons, dragues, chalands, etc. :
Autorisation de mise en service.
- N° 8. *Autorisation provisoire de navigation délivrée, en cas d'urgence, par le président d'une commission de surveillance.*

Je vous adresse, en même temps que la présente circulaire, un exemplaire-type de chacune de ces formules (*) qui devra être conservé dans les archives de votre préfecture. Ces formules-types sont également envoyées, avec des ampliations de la circulaire, en nombre suffisant, à M. l'ingénieur en chef, président des commissions de surveillance.

Les formules dont il s'agit devant être mises en service aussitôt que possible, et le tirage devant, par conséquent, être fait à bref délai par les soins de l'Administration centrale, je vous serai obligé de vouloir bien me faire connaître d'urgence le nombre de ces formules qui vous est nécessaire pour assurer, pendant un an, le fonctionnement du service de surveillance des appareils à vapeur placés à bord des bateaux de mer.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

(*) Voir *infra*, p. 626 et suivantes.

DÉPARTEMENT

d

V.B.M. — N° 1.

BATEAU

Appareils à vapeur placés
à bord des bateaux naviguant
dans les eaux maritimes.

PORT D

APPARTENANT

à

Membres de la Commission
présents à la visite:
MM.

COMMISSION DE SURVEILLANCE.

PROCÈS-VERBAL DE VISITE ET D'ESSAI

Le, nous, membres de la Commission
instituée à pour la surveillance des appa-
reils à vapeur placés à bord des bateaux naviguant dans les
eaux maritimes,

Vu la demande présentée, le par
à l'effet d'obtenir un permis de navigation pour
..... ;

Vu les dessins détaillés et cotés des chaudières et des
soupapes de sûreté et le plan d'ensemble du bateau ;

Vu le décret du 1^{er} février 1893 ;

Vu l'ensemble des instructions et arrêtés concernant
service et les attributions de la Commission de surveillance ;

Nous nous sommes rendus à bord du bateau à vapeur
..... et avons reconnu ce qui suit :

I. — DONNÉES GÉNÉRALES D'APRÈS LA DÉCLARATION DE L'ARMATEUR.

1. Nom de l'armateur du bateau.....		
2. Port d'armement.....		
3. Port d'attache.....		
4. Dimensions principales du bateau...	Longueur de l'étrave à l'étambot : Largeur { au maître-bau : en dehors des tambours des roues :	Creux :
5. Tirant d'eau.....	Lège : Au maximum de charge :	
6. Déplacement maximum en tonnes de 1.000 kilogrammes.....		
7. Tonnage suivant la douane.....	Jauge brute :	Jauge nette :

ison qui ne doit omergée.....	Cette ligne, tracée sur la carène du bateau, se trouve en contre-bas du plat-bord à une distance de: à l'avant ; au milieu ; à l'arrière ;
le bateau est	
ation du bateau(2).	
num de passagers eçus à bord.....	
respondant à la puis- ance maximum aux ssais avec un tirant eau de.....	
yenno en service ormal.....	
domicile du cons- du bateau.....	
construction.....	
l.....	
s passagers ou marchandises, remorquage, dragage, etc. cabotage, bornage, pêche, etc.	

II. — CHAUDIÈRES ET RÉCIPIENTS DE VAPEUR.

	CHAUDIÈRES MOTRICES	CHAUDIÈRES AUXILIAIRES	RÉCIPIENTS
.....			
ition relative.....			
o d'ordre.....			
me et forme.....			
rioux employés pour la nstruction.....			
asseur des tôles.....			

11

III. — SOUPAPES DE SURETÉ.

	CHAUDIÈRES MOTRICES	CHAUDIÈRES AUXILIAIRES	RÉCIPIENTS
me, position et mode			
visite des soupapes.... ation de la vapeur....			
particulières.....			
de la chaudière..... de la soupape.....			
orifice.....			
{ Poids de la soupape... { Surcharge			
Grand bras Petit bras Distance du centre de gra- vité du levier au centre de rotation..... Poids de la soupape et de la charge directe..... Poids des leviers..... Contrepoids.....			
{ Disposition et hauteur des bagues d'arrêt.			
onctionnement lors de l'es-			
ons spéciales et fonctionne- les soupapes avertisseuses..			

IV. — MANOMÈTRES.

	CHAUDIÈRES MOTRICES	CHAUDIÈRES AUXILIAIRES	RÉCIPIENTS
34. Nombre			
35. Système.....			
36. Graduation.....			
37. Marque indiquant la pression maxi- mum.....			
38. Position.....			
39. Éclairage.....			
40. Ajustage pour recevoir le manomètre étalon.....			
41. Manomètres de rechange.....			

V. — APPAREILS D'ALIMENTATION ET INDICATEURS DU NIVEAU DE L'EAU

	CHAUDIÈRES MOTRICES	CHAUDIÈRES AUXILIAIRES	RÉCIPIENTS
42. Appareils d'alimentation. { Nombre..... Nature..... Disposition.....			
43. Appareils automatiques de retenue placés à l'insertion de chaque tuyau d'alimentation.....			
44. Appareils d'arrêt de vapeur.....			
45. Niveau de marche du plan d'eau. { Hauteur au-dessus des conduits supérieurs de la flamme..... Indication au voisinage des tubes de niveau....			
46. Tubes indicateurs du niveau de l'eau { Nombre..... Position.....			
47. Robinets de jauge. { Leur nombre..... Leur position..... Leur hauteur au-dessus des conduits supérieurs de la flamme.....			
48. Pièces de rechange			

VI. — MACHINES MOTRICES ET ACCESSOIRES.

9. 0. 11. 12.	Machines motrices	Nombre.....	
		Dispositions principales.	
		Détente, condensation ..	
		Diamètre et course des pistons.....	
		Puissance maximum en chevaux-vapeur de 75 ^{kg} par seconde, indiqués sur les pistons.	
		Système propulseur....	
		Nombre de tours par minute correspondant à la puissance maximum.	
		Nom et domicile du constructeur.....	
		Date de la construction .	
		Etat actuel.....	
13. Machines accessoires.		Nombre	
		Nature.....	
		Puissance	
		Alimentation en vapeur.	

VII. — INSTALLATION ET SERVICE.

54.	Isolément des soutes à charbon..	
55.	Moyens existants pour prévenir et limiter les incendies.	
	Dispositions pour injecter de la vapeur dans les soutes.....	
56.	Précautions contre l'approche des parties mobiles des machines.	
57.	Cloisons des locaux des chaudières et de l'appareil moteur.	
58.	Revêtement du plancher et des parois intérieures de la forge.	
59.	Fermeture des ouvertures au-dessus des machines et chaudières	

60. Mécaniciens.	Noms				
	Titres				
	Brevets				
		Nombre de mécaniciens auxiliaires, graisseurs, chauffeurs :			
61. Journal du bord					
62. Journal du chef mécanicien.....					
63. Registre des réclamations des passagers					
64. Affichage dans la salle des passagers d'un extrait du décret du 1 ^{er} février 1893.....					
65. Observations.....					

Nous nous sommes assurés dans notre visite :

1° Que les chaudières et les récipients de vapeur ont été soumis le aux épreuves réglementaires et qu'ils sont pourvus des moyens de sûreté prescrits par les règlements ;

2° Que les timbres des chaudières et récipients et les pièces des soupapes de sûreté ont été régulièrement poinçonnés ;

3° Que la chaudière .., en raison de forme, du mode de jonction de diverses parties, de la nature des matériaux avec lesquels elle été construite .., ne présente aucune cause particulière de danger ;

4° Que l'on a pris toutes les précautions nécessaires pour prévenir les chances d'incendie et pour éviter tous autres accidents qui pourraient être causés par l'appareil moteur.

ESSAIS DU BATEAU.

Et le nous avons assisté à l'essai à la
r, de sur la base de
une longueur de et avons constaté les
ultats suivants :

TEMPS EMPLOYÉ à parcourir la base	NOMBRE DE TOURS	VITESSE	PRESSIONS				VIDE au CONDEN- SEUR	INTRO- DUCTION au petit CYLINDRE	OUVERTURE		OBSERVA- TIONS
			CHAU- DIÈRE	H. P.	M. P.	B. P.			SOUPAPE d'arrêt	PAPILLON	
											Tirant d'eau

TION IDRES	DIAMÈTRE des CYLINDRES	COURSE des PISTONS	EFFORT MOYEN SUR LES PISTONS d'après les courbes				PUISSANCE EN CHEVAUX DE 75 KILOGRAM. PAR SECONDE sur les pistons				PUISSANCE MOYENNE calculée
			1	2	3	4	1	2	3	4	
t : H. P.											
ion : M.P.											
a : B. P.											
			Puissance totale...								

TIONS ET CONCLUSIONS DE LA COMMISSION DE SURVEILLANCE.
conclusions doivent être formulées les dérogations que la Commission proposerait d'admettre.)

En conséquence, nous avons reconnu qu'il y a lieu, pour M. le
Préfet d

Fait à , le

Les Membres de la Commission :

DÉPARTEMENT

d

PERMIS

Appareils à vapeur placés à
bord des bateaux navi-
guant dans les eaux mari-
times.

Nous, Préfet du département d.....

Vu la demande présentée, le par
à l'effet d'obtenir un permis de navigation
pour

Vu les renseignements ci-après contenus dans cette demande :

Nom : du bateau de l'armateur

Port : d'armement d'attache

Longueur de l'étrave à l'étambot largeur au maître-bau

Tirant d'eau lège en pleine charge

Déplacement maximum en tonnes de 1.000 kilogr.

Distance mesurée verticalement de la ligne de flottaison au plat-bord
à l'avant au milieu à l'arrière

Service auquel le bateau est destiné

Genre de navigation

Nombre maximum de passagers qui pourront être reçus à bord

Vu les dessins et plans joints à la demande ;

Vu le décret du 1^{er} février 1893, les arrêtés réglementaires et les instructions ministérielles concernant l'exécution dudit décret ;

Vu le procès-verbal de visite et d'essai du bateau et les propositions de la Commission instituée à pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord des bateaux naviguant dans les eaux maritimes ;

ARRÊTONS :

ARTICLE PREMIER. — autorisé
à faire naviguer le bateau
dont les appareils sont désignés et spécifiés ci-après :

A. — Machines motrices.

Système

Puissance en chevaux de 75 kilogrammètres par seconde, indiqués
sur les pistons

V. B. M. — N° 2 (recto)

N.

PORT D.....

BATEAU

es chaudières, récipients et soupapes de sûreté

SURFACE			SOUPAPES DE SÛRETÉ															
VOLUME DE VAPEUR	DE CHAUFFE	DE GRILLE	NUMERO DU TIMBRE	INDICATIONS SPÉCIALES SUIVANT LE MODE DE CHARGEMENT														
				DÉSIGNATION	DÉFINITION	DIAMÈTRE	A ressort	Chargement direct		A contrepoids								
								Hauteur des bagues	Poids de la soupape	Petit bras	Distance du centre de gravité du levier au centre de rotation	Poids de la charge directe et de la soupape	Poids des leviers	Contrepoids				
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			

ART. 2. — Le présent permis sera notifié au propriétaire du bateau par

Une ampliation en sera adressée au Président de la Commission de surveillance d..... chargé d'en assurer l'exécution,

Fait à....., le

Le Préfet d.....

Décembre, 1896.

ÉPREUVES ET VISITES.

[illegible]

637

ÉPREUVES ET VISITES.

[illegible]

DÉPARTEMENT

V. B. M. — N° 3.

d.....

BATEAU

Appareils à vapeur placés
à bord des bateaux naviguant
dans les eaux maritimes.

ANNÉE 189 .

CAPITAINE

Membres de la Commission
présents à la visite :

PORT D.....

M.

MM.

CHEF-MÉCANICIEN

M.

COMMISSION DE SURVEILLANCE.

PROCÈS-VERBAL DE VISITE ANNUELLE.

Le, nous, Membres de la
Commission instituée à pour la surveillance
des appareils à vapeur placés à bord des bateaux naviguant dans
les eaux maritimes,

Vu la demande de visite présentée par
en exécution de l'article 37 du décret du 1^{er} février 1893 ;

Vu l'ensemble des instructions et arrêtés concernant le service
et les attributions de la Commission de surveillance ;

Nous sommes rendus à bord du bateau à vapeur
auquel un permis de navigation a été délivré le
et avons reconnu ce qui suit :

1^o VISITES ET ÉPREUVES.

La dernière visite du bateau par une Commission de surveil-
lance (art. 37 du décret du 1^{er} février 1893) a eu lieu le

Les dernières épreuves des chaudières et récipients (art. 13 du
décret du 1^{er} février 1893) ont eu lieu le

La dernière visite des chaudières (art. 48 du décret du
1^{er} février 1893) a eu lieu le

2° APPAREILS DE SURETÉ.

**3° APPAREILS D'ALIMENTATION ET INDICATEURS
DU NIVEAU DE L'EAU.**

4° MACHINES MOTRICES ET ACCESSOIRES.

**5° COMPOSITION DU PERSONNEL CHARGÉ DU SERVICE
DES MACHINES.**

6° LIGNE DE FLOTTAISON.

**7° JOURNAUX DU BORD ET DE LA MACHINE
ET REGISTRE DESTINÉ A RECEVOIR LES OBSERVATIONS
DES PASSAGERS.**

8° OBSERVATIONS.

Fait à , les jour, mois et an que dessus.

Les Membres de la Commission,

DÉPARTEMENT

V. B. M. — N° 4.

ANNÉE 189

BATEAU

appareils à vapeur placés à
des bateaux naviguant
les eaux maritimes.

PORT D

APPARTENANT

membres de la Commission
présents à la visite :

à

COMMISSION DE SURVEILLANCE.

M.

PROCÈS-VERBAL DE (*)

Le , nous, Membres de la
Commission instituée à
pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord des
bateaux naviguant dans les eaux maritimes.

Vu la demande de (*)
présentée par en exécution des
articles 13, 36, 37 et 38 du décret du 1^{er} février 1893 ;

Vu l'ensemble des instructions et arrêtés concernant le service
et les attributions de la Commission de surveillance ;

Nous sommes rendus à bord du bateau à vapeur
et avons reconnu que :

Fait à , les jour, mois et an que
dessus.

Les Membres de la Commission,

(*) De visite de bateaux, de visite ou épreuves de chaudières, ré-
cipients, etc.

PRÉFECTURE

V. B. M. — N° 5.

d.....

BATEAU

AUTORISATION PROVISOIRE DE NAVIGATION.

Appareils à vapeur placés à
bord des bateaux naviguant
dans les eaux maritimes.

APPARTENANT

à

ARRÊTÉ.

Nous, Préfet d.....

Vu la demande présentée par.....
à l'effet d'obtenir pour le bateau à vapeur.....
l'autorisation de se rendre de.....
à..... ;

Vu le décret du 1^{er} février 1893, notamment l'article 11 ;

Vu l'avis de la Commission instituée à.....
pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord des
bateaux naviguant dans les eaux maritimes.

ARRÊTONS :

ART. 1^{er}. —propriétaire du bateau à
vapeur.....autorisé..... à le faire naviguer
pour se rendre à..... .

ART. 2. — La présente autorisation sera notifiée au..... pro-
priétaire .. du bateau par ..

Une ampliation en sera adressée au Président de la Com-
mission de surveillance d.....
chargé d'en assurer l'exécution.

Fait à....., le.....189..... .

Le Préfet,

ENT

V. B. M. — N° 6 (*recto*).

BATEAU

placés
vigilant
es.

ANNÉE 189 ..

APPARTENANT

mission

PORT D ..

à ..

COMMISSION DE SURVEILLANCE.

Chaudières placées à bord

Bateaux à voiles, pontons, dragues, chalands, etc.

(Art. 45 du décret du 1^{er} février 1893.)

PROCESSUS-VERBAL DE VISITE ET D'ÉPREUVE.

son numéro..	
.....	
.....	
a été faite...	
du propriétaire.	
eur de la chau-	
.....	
la chaudière	
.....	
truction.....	
audière	
IVE.....	

Essais des soupapes de sûreté ...

Manomètres

Appareils d'alimentation.....

Appareils indicateurs du niveau
de l'eau.....

OBSERVATIONS ET PROPOSITIONS DE LA COMMISSION

Fait à _____, le _____ 189 ..

Les Membres de la Commission,

RÉFECTURE

V. B. M. — N° 7.

AUTORISATION DE MISE EN SERVICE

BATEAU

appareils à vapeur placés
à bord des bateaux naviguant
dans les eaux maritimes.

D

CHAUDIÈRE

APPARTENANT

à

ARRÊTÉ.

Nous, Préfet d

Vu la demande présentée par à
l'effet d'obtenir l'autorisation de mettre en service à bord
d attaché au port d
chaudière destinée à

Vu le décret du 1^{er} février 1893, notamment l'article 45 ;

Vu le procès-verbal de visite et d'épreuve d chaudière
et les propositions de la Commission instituée à
pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord des
bateaux naviguant dans les eaux maritimes,

ARRÊTONS :

ARTICLE PREMIER. — autorisé
à mettre en service à bord d chaudière
spécifiée comme suit :

Capacité.	{	Totale ..	.....
		Volume d'eau ..	.....
		Volume de vapeur ..	.....
Surface	{	de chauffe ..	.....
		de grille ..	.....
Timbre	|	.....	.....
Soupapes de sûreté..	{	.....	.....
	
	

ART. 2. — La présente autorisation sera notifiée au propriétaire
du par

Une ampliation en sera adressée au Président de la Commission de surveillance d
chargé d'en assurer l'exécution.

Fait à, le 19...

Le Préfet de

OBSERVATION : Cette formule sera établie sur *format* sur le recto et le verso de la page blanche, des cases ainsi que comme il est indiqué ci-dessous, pour recevoir les renseignements des missions de surveillance.

DATES	LIEUX D'ÉPREUVES ou DE VISITES	NATURE ET RÉSULTATS des ÉPREUVES ET VISITES	LA "COMMISSION"

CIRCULAIRES.

647

DÉPARTEMENT

V. B. M. — N° 8.

BATEAU

Appareils à vapeur placés
à bord des bateaux naviguant
dans les eaux maritimes.

ANNÉE 189....

APPARTENANT

à

Autorisation provisoire
de navigation.

PORT D

COMMISSION DE SURVEILLANCE.

Le Président de la Commission instituée à
pour la surveillance des appareils à vapeur placés à bord
des bateaux naviguant dans les eaux maritimes,

Considérant que le bateau à vapeur a
subi les visites et épreuves réglementaires ;

Vu l'urgence ;

Usant des pouvoirs que lui confère l'article 36 du décret
du 1^{er} février 1893,

Autorise propriétaire du bateau à va-
peur à le faire naviguer, en attendant
la délivrance d'un permis de navigation.

A le 189....

Le Président de la Commission,

COMPTABILITÉ. — PAIEMENT DES TRAITEMENTS LE DERNIER JOUR
DU MOIS.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 10 décembre 1896.

Monsieur le Préfet, **par une** décision en date du 20 septembre dernier, M. le ministre des **finances** a autorisé les comptables du Trésor à payer, à l'avenir, le **dernier jour** du mois, et non plus le premier jour du mois suivant, comme **précédemment**, les traitements ou émoluments des fonctionnaires qui **se liquident** par mois et à terme échu ; toutefois, lorsque le **dernier jour** du mois sera un dimanche ou un jour férié, le paiement sera **reporté** au lendemain.

Les dispositions concertées entre le ministre des finances et mon administration pour assurer l'exécution de cette nouvelle mesure, de manière que les intéressés qui ne résident pas au chef-lieu du département puissent eux-mêmes en bénéficier, sont les suivantes :

Les ordonnateurs secondaires chargés du mandatement des dépenses adresseront aux trésoriers-payeurs généraux les mandats d'appointements le 25 de chaque mois au plus tard ;

Les trésoriers-payeurs généraux, après avoir revêtu les mandats de leur visa, les renverront aux ordonnateurs l'antépénultième jour du mois ;

Les mandats devront porter une mention indiquant qu'ils ne sont payables que le dernier jour du mois.

Je dois ajouter que, suivant la règle établie en cette matière, MM. les trésoriers-payeurs généraux ne pourront apposer leur visa sur les mandats de paiement qu'autant qu'ils auront reçu pour le service, par l'intermédiaire de la direction du mouvement général des fonds, des crédits de délégation suffisants.

Afin d'éviter tout retard, MM. les ingénieurs en chef des ponts et chaussées et des mines doivent donc s'assurer, dès qu'une décision intéressant le personnel leur est notifiée, que les fonds restant à leur disposition permettent de faire face aux besoins jusqu'à la fin du mois suivant, et, s'ils constatent une insuffisance, ils doivent adresser immédiatement leurs propositions d'ordonnement. Pour établir leur demande de fonds, MM. les ingé-

nieurs en chef pourront utiliser le modèle annexé à la circulaire du 14 mars 1878 (*).

Je vous prie de veiller à l'exécution de la présente circulaire dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs en chef.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

CHEMINS DE FER. — TRAINS OUVRIERS.

A Messieurs les Administrateurs de la Compagnie d chemin de fer d

Paris, le 19 décembre 1896.

Messieurs, dans sa séance du 4 décembre courant, la Chambre des députés a adopté et le Gouvernement a accepté la résolution suivante :

« La Chambre, comptant sur la sollicitude du Gouvernement à
« l'égard des travailleurs, invite le ministre des travaux publics
« à intervenir auprès des compagnies de chemins de fer pour
« obtenir l'amélioration et l'extension du service des trains
« ouvriers dans les régions avoisinant Paris et les centres indus-
« triels. »

En vous transmettant cette résolution, je crois devoir, Messieurs, appeler d'une manière toute particulière votre attention sur l'intérêt qu'il y aurait, comme on l'a dit à la Chambre, à donner aux ouvriers habitant la petite et même la grande banlieue les facilités nécessaires pour venir travailler à Paris, notamment dans les chantiers des travaux de l'exposition où seront occupés un nombre considérable d'ouvriers de tous les corps de métier.

Je me plais à reconnaître que de grands efforts ont déjà été faits par les compagnies de chemins de fer depuis les conventions de 1883 pour amener les ouvriers à Paris, tant par les réductions importantes qu'elles ont consenties en leur faveur que par le nombre de trains qu'elles ont mis à leur disposition. Toutefois,

(*) Circulaire relative aux ordonnancements de fonds pour travaux exécutés par le service des ponts et chaussées (Annales des Ponts et Chaussées, partie administrative, p. 729. — Recueil Potiquet, volume V, p. 105).

je constate que, depuis quelques années, il s'est produit un temps d'arrêt et que diverses compagnies semblent même considérer qu'elles ont atteint le maximum des concessions qu'elles pouvaient faire. J'estime cependant que le dernier mot n'est pas dit sur la matière et qu'il est encore possible de donner de nouvelles facilités aux ouvriers habitant les environs de Paris et des centres industriels, en les admettant dans un plus grand nombre de trains ou mieux en fixant des périodes dans la journée pendant lesquelles ils seraient reçus dans tous les trains, de façon à faire profiter des avantages accordés tous les corps de métier dont les heures de travail ne sont pas les mêmes. Mais c'est surtout en élargissant la zone dans laquelle les cartes d'abonnement sont délivrées aux ouvriers que l'on arriverait au meilleur résultat. Jusqu'ici ces cartes ne sont guère délivrées que pour les distances atteignant 15 à 20 kilomètres au maximum; il semble que l'on pourrait aller facilement jusqu'à 25 kilomètres. Le temps de parcours ne serait guère augmenté; par contre, les ouvriers habitant la grande banlieue auraient beaucoup plus d'avantages pour venir travailler à Paris, et il est permis de penser que l'on développerait ainsi un courant de circulation qui, dans un temps peu éloigné, compenserait les abaisséments de recettes qui se produiraient au début.

Je vous prie donc de reprendre l'examen des trains ouvriers sur les bases indiquées par la Chambre des députés et développées dans la présente circulaire, et de me faire connaître, le plus tôt possible, les mesures que vous comptez prendre pour arriver au résultat cherché.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
TURREL.

ADMISSION DANS LE CORPS DES CONTRÔLEURS DES MINES. — CONCOURS
DE 1897.

A Monsieur le Préfet du département d

Paris, le 26 décembre 1896.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous annoncer qu'un concours pour l'admissibilité à l'emploi de contrôleur des mines s'ouvrira le lundi 29 mars 1897.

Les demandes des candidats devront être adressées aux ingénieurs en chef des mines, qui les feront parvenir au ministère des travaux publics avant le 16 février prochain, dernier délai. Toute demande qui parviendrait au ministère après cette date sera rigoureusement écartée.

Les agents appartenant déjà aux cadres permanents du personnel dépendant du ministère des travaux publics produiront exclusivement à l'appui de leur demande un certificat, sur papier timbré, d'un médecin assermenté, constatant qu'ils sont de bonne constitution et exempts de toute infirmité les rendant impropres à la marche ou à la visite des travaux souterrains. Toutefois, leur demande devra porter en marge les indications suivantes :

Nom et prénoms ;

Lieu et date de naissance ;

Qualité, grade et traitement ;

Service et résidence ;

Emploi auquel le candidat est habituellement affecté ;

Date de la nomination à chaque grade ;

Services civils et militaires et emplois antérieurs ;

Études faites par le candidat.

Ces renseignements devront être visés par le chef de service.

Quant aux candidats étrangers à l'Administration, ils auront, indépendamment du certificat médical ci-dessus énoncé, à produire les pièces suivantes :

1° *Acte de naissance ;*

2° *Extrait du casier judiciaire ;*

3° *Certificat de bonne vie et mœurs délivré par le maire du lieu de leur résidence ;*

4° *Attestations faisant connaître les antécédents et les études faites, ainsi que copies, certifiées conformes, des certificats ou diplômes qui ont été obtenus.*

Nul ne sera admis au concours s'il n'est âgé de vingt et un ans accomplis et de moins de trente ans au 1^{er} janvier 1897 ; les militaires porteurs d'un congé obtenu après trois ans de service sous les drapeaux seront toutefois admis à concourir jusqu'à l'âge de trente-trois ans, et les agents attachés à l'Administration des travaux publics à titre permanent qui, à trente ans, comptaient plus de deux ans de services, seront admis jusqu'à trente-cinq ans.

Enfin, la limite d'âge est portée à trente-sept ans pour les anciens sous-officiers des armées de terre et de mer comptant sept ans de services dans l'armée active, dont quatre avec le grade de sous-officier.

En vue de tenir compte des vœux exprimés à la suite du dernier concours, il a été apporté certaines modifications aux conditions dans lesquelles a lieu le concours. Les épreuves écrites seront subies seules aux sièges des arrondissements minéralogiques, sous la surveillance de l'ingénieur en chef des mines, assisté de deux des ingénieurs sous ses ordres, désignés par l'Administration. Quant à la seconde partie du concours, elle sera exclusivement orale; une commission centrale d'examen se transportera successivement dans certaines villes désignées d'avance, et les candidats seront invités à se présenter devant elle. Pour être admis à subir les examens oraux, les candidats devront avoir obtenu à l'écrit un chiffre de points au moins égal aux deux tiers du total général, soit un minimum de 214 points.

Il n'est apporté, cette année, aucune modification aux matières du programme; elles restent fixées conformément à l'arrêté du 15 décembre 1882 (*).

J'adresse un exemplaire de la présente circulaire à MM. les ingénieurs en chef des mines et des ponts et chaussées.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,

Pour le ministre et par autorisation :

Le Directeur du personnel et de la comptabilité,
RABEL.

(*) Volume de 1892, p. 304.

TRAVAIL DES ENFANTS ET DES FEMMES DANS LES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES

(ANNÉE 1895.)

RAPPORT

DE LA

COMMISSION SUPÉRIEURE DU TRAVAIL DANS L'INDUSTRIE

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

(EXTRAIT.)

Le législateur a confié aux ingénieurs et contrôleurs des mines du service ordinaire, agissant comme inspecteurs du travail, sous l'autorité du ministre du commerce et de l'industrie, le soin d'assurer l'application de la loi du 2 novembre 1892 (*) dans les exploitations des mines, minières et carrières, ainsi que dans les établissements qui en dépendent directement au point de vue industriel, en un mot dans toutes les entreprises de l'industrie extractive.

Les ingénieurs en chef ont rendu compte pour leur arrondissement minéralogique, ou circonscription de service, des résultats de cette surveillance pendant l'année 1895. La présente note a pour objet de tirer de ces rapports, qui sont reproduits ci-dessous, les faits les plus intéressants et les plus importants.

Statistique des établissements et de leur personnel. — La statistique de l'industrie extractive, au point de vue du nombre des établissements et du personnel qui y est occupé, peut se résumer comme suit pour 1895, en arrondissant certains chiffres pour plus de simplicité :

(*) Volume de 1892, p. 329.

DÉSIGNATION	NOMBRE	PERSONNEL			PROPORTION p. 100
		Protégé	Adulte	Total	
Mines exploitées.....	426	22.315	127.930	150.264	14,8
Minières..	souterraines.....	4	8	12	»
	à ciel ouvert.....	34	683	701	»
Carrières.	souter- { continues..	1.566	12.250	13.250	7,5
	raines { temporaires	2.891	1.850	1.960	5,6
	à ciel { continues..	8.055	39.750	42.400	6,2
	ouvert { temporaires	21.297	41.900	43.550	3,7
Totaux.....	34.226	27.832	224.391	252.138	11,5

On considère comme établissement toute exploitation qui se distingue des exploitations voisines, soit parce que les exploitants sont différents, soit parce que les travaux n'ont pas de lien entre eux.

Le rapprochement des chiffres du tableau précédent fait ressortir tout de suite la variation considérable d'importance entre les entreprises qui y figurent. Il n'y a, en réalité, aucun rapprochement possible entre les grands établissements miniers, voire même les carrières importantes, et cette multitude de fouilles dont on tire, occasionnellement ou temporairement, soit souterrainement, soit à ciel ouvert, quelques matériaux, ou quelques amendements pour l'agriculture, destinés généralement à une consommation sur place. Ces carrières « temporaires », suivant l'appellation qui leur a été donnée, se rapprochent peut-être plus des travaux agricoles que des chantiers de l'industrie extractive. Elles occupent chacune un, deux ou trois ouvriers, qui ne s'emploient à cette besogne que lorsqu'ils ne peuvent plus concourir aux travaux des champs.

Même pour les mines, aucun rapprochement n'est possible entre l'entreprise des mines d'Anzin, par exemple, qui ne constitue pourtant qu'un seul « établissement » avec ses 12.000 ouvriers, dont 2.000 protégés, et ces petites entreprises, qui végètent dans les gorges des Alpes ou des Pyrénées, se rapprochant singulièrement des carrières « temporaires », tant par leur peu de développement que par la faible importance de leur effectif et leurs longs chômages.

Au point de vue de l'effectif du personnel protégé (enfants,

filles mineures et femmes), le tableau précédent montre que, en laissant de côté les minières trop peu nombreuses pour qu'on puisse en déduire un résultat appréciable, la proportion du personnel protégé va en décroissant des mines aux carrières à ciel ouvert, et, parmi les carrières, des exploitations souterraines aux exploitations à ciel ouvert.

En somme, au point de vue du personnel protégé, les mines présentent à peu près seules un sérieux intérêt.

Les différentes catégories de ce personnel s'y répartissent comme suit :

DÉSIGNATION	AU FOND	AU JOUR	TOTAL
Enfants de 12 à 13 ans. { Garçons.	9	38	47
Filles...	»	1	1
Enfants de 13 à 15 ans. { Garçons.	4.914	3.873	8.787
Filles...	»	1.116	1.116
Enfants de 16 à 18 ans. { Garçons.	5.863	2.284	8.147
Filles...	»	951	951
Filles mineures de 18 à 21 ans....	»	753	753
Femmes majeures	»	2.513	2.513
Totaux.....	10.786	11.529	22.315

Ainsi la proportion du personnel protégé, de 14,8 p. 100 de l'effectif, se partage en 7 p. 100 à l'intérieur et 7,8 p. 100 au jour.

Entre les diverses catégories, la proportion de 14,8 p. 100 se répartit comme suit :

DÉSIGNATION	P. 100
Enfants de 12 à 13 ans.....	0,03
Enfants de 13 à 15 ans.....	6,60
Enfants de 16 à 18 ans.....	6,07
Filles mineures de 18 à 21 ans.....	0,50
Femmes majeures.....	1,60
Total.....	14.80

Durant l'année 1895 toutes les mines sans exception ont été visitées par les ingénieurs et contrôleurs ; les mines importantes l'ont été plusieurs fois. Toutes les exploitations souterraines continues de minières ou carrières ont été également inspectées. Les grandes carrières continues à ciel ouvert l'ont été généralement toutes également. Quant aux carrières temporaires et sur-

tout à celles d'entre elles exploitées à ciel ouvert, leur dissémination et l'éloignement de beaucoup d'entre elles ne permettent guère au service des mines de les visiter toutes que dans une période de trois ans. L'inconvénient n'est pas grand, étant donnée la nature de ces exploitations.

Ces visites sont faites le plus souvent tant pour la surveillance ordinaire des mines que pour l'exécution de la loi du 2 novembre 1892. Un certain nombre d'entre elles sont toutefois effectuées chaque année pour ce dernier objet.

Nous allons indiquer les résultats les plus saillants relevés dans ces visites et consignés dans les rapports des ingénieurs, en suivant l'ordre de leurs observations.

Age des enfants. — Embauchage. — On ne cite guère qu'une seule exploitation, celle des mines d'Aniche (Nord), qui embauche des enfants de douze à treize ans, dans les conditions de la loi, du reste; elle le fait pour pouvoir lutter contre la concurrence des importantes verreries établies dans la localité. Ailleurs, l'emploi d'enfants au-dessous de treize ans est exceptionnel; leur nombre va s'atténuant chaque année.

Les enfants au-dessous de treize ans ont été trouvés généralement avec leurs deux certificats, 3 procès-verbaux ont toutefois été dressés pour absence de ces documents.

On a signalé dans les rapports précédents la tendance des mines du Centre et du Midi, depuis la promulgation de la loi du 2 novembre 1892, d'écarter du fond non seulement les enfants de moins de seize ans, mais même les jeunes ouvriers de seize à dix-huit ans. Il semble qu'en 1895 ces idées, loin de s'étendre, ont subi un recul. Si on cite des mines qui persistent dans leurs premières intentions, comme celles du Gard et des Bouches-du-Rhône pour les enfants de moins de seize ans, et celles de l'Auvergne pour les jeunes gens de moins de dix-huit ans, on en mentionne d'autres qui ont augmenté les embauchages, comme celles de Blanzey, ou repris les jeunes ouvriers de seize à dix-huit ans, comme dans l'Aveyron et la Loire.

Durée et conditions du travail. — On a peu d'observations nouvelles à ajouter à celles des rapports précédents, notamment en ce qui concerne l'application dans les mines du Nord du régime spécial de l'article 9, paragraphe 3, de la loi du 2 novembre 1892, qui permet, sous certaines conditions, le travail à double équipe entre quatre heures du matin et minuit; le recours au système de la double équipe entre quatre heures du matin et dix heures du soir de l'article 4, paragraphe 2, soit pour les travaux du fond

comme aux mines de houille de Blanzzy, soit pour les travaux du jour comme dans les ateliers des mines de houille de l'Aveyron, le travail à 3 postes de huit heures des mines de houille de la Chazotte (Loire) et de plomb de Pontpéan (Ille-et-Vilaine) : sur tous ces points, il n'y a aucune innovation ni extension des pratiques antérieures.

On doit ajouter toutefois que, dans les mines de houille du Pas-de-Calais, sur les observations faites par l'administration supérieure, on a renoncé à appliquer simultanément dans la même fosse le régime exceptionnel de l'article 9, paragraphe 3, de la loi, et le régime normal du décret du 3 mai 1893 (*).

Dans le Nord on a, d'autre part, insisté comme répondant à une nécessité des exploitations, sur la possibilité de maintenir la continuité des services du jour, et ce, au moyen d'équipes alternantes, comme on doit le faire dans les usines à feu continu, auxquelles, du reste, les mines paraissent pouvoir être justement comparées.

Ailleurs, on a fait remarquer qu'avec les nouvelles méthodes de déhouillement rapide par remblaiement immédiat, auxquelles le souci de la sécurité a conduit, avec l'abréviation de la durée des postes vers laquelle on marche, il serait rationnel et équitable d'étendre à toutes les mines la possibilité d'appliquer le régime spécial que l'article 9, paragraphe 3, de la loi du 2 novembre 1892, et le décret du 3 mai 1893 n'ont stipulé que pour des mines de houille à couches minces comme celles du Nord.

Il n'a été, en 1893, demandé aux ingénieurs aucune tolérance pour dérogation aux conditions du travail de nuit.

Livrets et registres. — Affichage. — On a encore relevé dans les petites exploitations des absences de livrets, qui, presque invariablement, incombent aux maires. On doit espérer que la circulaire ministérielle du 1^{er} juin 1896 mettra fin à ces irrégularités.

Les affichages prescrits par la loi ont lieu régulièrement dans toutes les grandes exploitations, avec les tolérances que la nature du travail souterrain oblige d'admettre pour la précision des indications relatives aux heures des repos.

Dans toutes ces innombrables exploitations de carrières que nous signalions au début de cette note, on continue à ne pouvoir obtenir un affichage dont les conditions matérielles de ces exploitations ne laissent pas de rendre la réalisation singulièrement difficile en pratique. L'inconvénient ne paraît pas assez sérieux

(*) Volume de 1893, p. 263.

pour que l'on astreigne le service à procéder à des rigueurs qui ne conduiraient à rien de véritablement utile.

Accidents. — On sait que le service des mines procède à une instruction immédiate et circonstanciée de tous les accidents survenus dans les mines, minières et carrières, qui ont entraîné la mort ou des blessures graves, ce qui, en matière de police des mines, correspond à une incapacité de travail de 20 à 30 jours. Pour les accidents de moindre importance, — qui sont près de sept à huit fois plus nombreux, — les déclarations ne parviennent au service des mines que d'une façon très incomplète et, partant, très erronée et sans utilité pratique. Cela tient à la situation tout à fait spéciale où se trouve l'industrie extractive par suite du conflit des textes réglant la question par application simultanée des lois du 2 novembre 1892 et 12 juin 1893, d'une part, et des lois et règlements sur la police des mines, d'autre part. Nous ne reviendrons pas sur cette question qui est suffisamment connue.

Contraventions. — En présence de la véritable bonne volonté qu'ils trouvent généralement chez les exploitants pour assurer l'application de la loi, les ingénieurs des mines ont rarement cru devoir constater par procès-verbaux les infractions qui ont pu être rencontrées.

Il n'a été dressé, en 1895, que quatre procès-verbaux, tous quatre relatifs à des carrières.

Dans une carrière de l'Ariège, un contrôleur avait rencontré une femme occupée au fond; l'ingénieur en chef a justement regretté que l'on se soit contenté de la faire remonter au jour, sans que des poursuites aient été provoquées contre l'exploitant.

Observations générales. — En somme, la loi du 2 novembre 1892 peut être considérée comme régulièrement appliquée dans toute exploitation véritable de l'industrie extractive. Dans les mines du Nord de la France on s'y est soumis aisément et sans gêne. Il n'en est peut-être pas de même dans le Centre et le Midi, dont les mines ont des conditions de gisement et, par suite, des organisations de travail très différentes.

Les modifications proposées par le Sénat et encore plus par la commission du travail de la Chambre des députés, dans son dernier projet, seraient de nature à tenir compte de ces différences, mieux que ne l'avait fait la loi du 2 novembre 1892.

Le Président,
RICHARD WADDINGTON.

Le rapporteur pour les mines,
AGUILLON.

RAPPORT

DE LA

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET DES APPAREILS A VAPEUR (*)

AU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Monsieur le Ministre,

La Commission chargée d'examiner et de coordonner les renseignements statistiques concernant l'industrie minérale et les appareils à vapeur a l'honneur de placer sous vos yeux les tableaux relatifs à l'année 1895, dans lesquels sont résumées les investigations auxquelles se sont livrés à ce sujet les ingénieurs des mines dans le courant de la présente année.

Cette importante collection est précédée d'un Exposé détaillé des principales données contenues dans ces tableaux. Elles se rapportent aux mines, aux salines, minières et carrières, aux usines métallurgiques de gros œuvre et aux appareils à vapeur.

Il convient de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la situation des industries dont il s'agit, et de signaler rapidement les résultats les plus saillants que cette statistique enregistre et met en lumière.

On a exploité en France, pendant l'année 1895, 502 concessions de mines, qui ont produit, en nombre arrondi, 32.344.000 tonnes de substances minérales concédées, représentant sur place une valeur totale de 340 millions de francs.

Les combustibles minéraux, houilles, anthracites et lignites en composent la plus grande partie. Leur production a été, en effet, de 28.020.000 tonnes, valant près de 309 millions sur le carreau des mines. Elle s'est accrue de 603.000 tonnes, soit 2,2 p. 100 par

(*) La Commission est composée de MM. LORIEUX, inspecteur général des mines, *Président*; KELLER, inspecteur général des mines, *Secrétaire*; MICHELOT, chef de la division des mines; ZEILLER, ingénieur en chef des mines; SOL, chef du 2^e bureau de la division des mines, *Secrétaire-adjoint*.

rapport à l'année précédente, et n'avait pas encore atteint un chiffre aussi élevé.

On ne saurait cependant se féliciter outre mesure de ce brillant résultat, quand on constate, d'après les statistiques étrangères, que pendant la même année 1895 la production houillère de l'Allemagne s'est élevée à tout près de 104 millions de tonnes, en augmentation de 4.900.000, et que celle des États-Unis a reçu un accroissement colossal de 21 millions de tonnes, qui l'a portée à 175 millions. Il est vrai qu'un pays limitrophe du nôtre, la Belgique, a vu sa production, qui a été de 20.458.000 tonnes, décroître de 77.000 tonnes. En Angleterre, la production montant au chiffre énorme de 192.700.000 tonnes ne présente qu'une augmentation de 1.400.000 tonnes, relativement faible, puisqu'elle n'atteint pas 1 p. 100.

Notre exportation est toujours restreinte; elle a consisté en 943.000 tonnes de combustibles crus ou carbonisés qui représentent 963.000 tonnes de houille. Elle s'est toutefois augmentée d'un quart par rapport à l'année 1894; elle s'écoule principalement en Belgique et en Suisse.

D'autre part, l'importation des charbons anglais, belges et allemands, montant à 10.804.000 tonnes de combustibles minéraux divers, qui représentent 11.510.000 tonnes de houille, est sensiblement stationnaire depuis six ans. L'abaissement considérable du fret a permis à l'Angleterre d'augmenter ses exportations de charbon en France et de se placer, à ce point de vue, un peu au-dessus de la Belgique.

Notre consommation a progressé de 1,7 p. 100, c'est-à-dire dans une proportion un peu moindre que notre extraction, et s'est élevée à 38.640.000 tonnes, si l'on exprime en houille la quantité de coke en faisant partie.

Parmi nos différents bassins houillers, c'est toujours celui du Pas-de-Calais qui vient en première ligne, avec une production croissante qui est montée à 11.110.000 tonnes. Celui du Nord le suit avec 5.010.000 tonnes.

Seize autres groupes de bassins, en tête desquels se place la Loire avec 3.484.000 tonnes, fournissent les 11.900.000 qui complètent le montant de notre extraction houillère.

Des chiffres bien moins élevés s'appliquent à nos autres productions minières.

La plus importante, celle des minerais de fer, a atteint

3.680.000 tonnes, pour les mines et minières réunies. On constate de ce côté une diminution de 92.000 tonnes, d'autant plus regrettable que nous importons annuellement 1.600.000 tonnes, provenant des pays étrangers, notamment du Luxembourg.

Les autres minerais métallifères, ceux de plomb et d'argent, de zinc, de manganèse, d'antimoine, forment un total de 131.000 tonnes seulement; tandis que les pyrites de fer, qui sont, comme on le sait, employées à fabriquer l'acide sulfurique, en donnent un de 253.000.

L'extraction du sel gemme se chiffre par 515.000 tonnes. Celle du sel tiré des marais salants, qu'il convient de mettre en parallèle, n'a pas excédé 356.000.

Enfin 267.600 tonnes de substances bitumineuses complètent, à peu de chose près, l'énumération des produits des mines et minières de la France.

Les exploitations analogues, situées en Algérie, où la houille fait malheureusement défaut, ont fourni pour 3.588.000 francs de substances diverses, principalement des minerais de fer très estimés.

Les mines de la France ont assuré l'existence de 148.600 ouvriers, y compris 5.200 femmes employées à la surface, environ 8.300 jeunes gens de 16 à 18 ans, et 9.000 enfants âgés de moins de 16 ans, composant le personnel protégé par la loi du 2 novembre 1892.

Sur ce total, 137.300 ont été occupés dans les mines de combustible. Grâce à l'essor de l'extraction, le personnel des houillères a augmenté de 2.700 ouvriers; et l'année aurait été favorable aux exploitants, si le prix de vente du charbon n'avait pas baissé dans certains centres importants, particulièrement dans le Pas-de-Calais, sous l'influence de la concurrence étrangère.

Les recherches de mines, exécutées en dehors du périmètre des concessions, n'ont pas été aussi nombreuses qu'en 1894. On en a cependant compté 79 en France et 8 en Algérie. Un relevé statistique comprenant les dix dernières années fait ressortir leur total à 380.

Pendant cette période, 104 concessions nouvelles ont été instituées, dont 12 en 1895. Ces dernières concernent la houille, le lignite, les minerais de fer, ceux de plomb, zinc, argent et autres métaux connexes, les minerais de manganèse et d'antimoine.

Le chapitre consacré à l'industrie minérale proprement dite comprend des renseignements extrêmement nombreux et inté-

ressants sur la production des carrières. Cette partie de la statistique a reçu, pour 1895, une extension amplement justifiée. On apprendra avec intérêt que, d'après les chiffres approximatifs réunis par les ingénieurs des mines, on n'a pas tiré des carrières, dont la France est abondamment pourvue, moins de 36 millions de tonnes de matériaux divers, soit une quantité supérieure à la production des mines.

Le montant de l'extraction serait encore plus élevé si l'on n'avait pas exclu provisoirement de cette statistique l'argile employée à la fabrication des briques et des tuiles, dans la crainte d'imposer aux ingénieurs et contrôleurs des mines un travail trop considérable.

La valeur des matériaux tirés des carrières souterraines ou à ciel ouvert, sur lesquelles ont porté les investigations, compose un total d'un peu plus de 202 millions de francs.

Les pierres à bâtir, comprenant les pierres de taille, meulières et moellons, y entrent pour 45 millions ; et les autres matériaux de construction, tels que les ardoises, les chaux, plâtres et ciments, pour 82 millions. Parmi les matériaux destinés à l'agriculture, il convient de signaler les phosphates de chaux, dont on a extrait 527.000 tonnes valant sur place près de 16 millions. Les pavés donnent aussi lieu à une exploitation très active, sans parler des matériaux servant au ballastage des voies ferrées ou à l'empierrement des routes.

La répartition géographique de ces substances, par département, est mise en évidence dans sept cartes statistiques coloriées, qui sont insérées dans ce volume.

On a compté, en 1895, 37.600 carrières en exploitation, dont 3.500 sont souterraines. Le nombre des ouvriers occupés, les uns pendant toute l'année, la majorité pendant une certaine période seulement, atteint 123.000. Les femmes et les enfants sont moins employés dans ces travaux que dans les mines, car leur relevé ne comprend que 1.500 femmes et 2.000 enfants, âgés de moins de 16 ans.

Le personnel ouvrier considérable qu'emploient les exploitants de mines, de minières et de carrières, et dont le nombre est comparable à celui des employés et agents des chemins de fer, est sujet à des accidents plus ou moins graves causés surtout par les éboulements. Beaucoup d'entre eux sont inévitables, parce qu'ils résultent de l'imprudence ou, pour nous servir d'un terme plus exact, de l'irréflexion des victimes.

Les mineurs sont exposés, en outre, à des dangers particuliers, au grisou et aux incendies souterrains. C'est ainsi qu'une explosion occasionnée, aux mines de Blanzv, par la combustion spontanée des produits de la distillation de la houille, au contact de la flamme d'un incendie, a occasionné la mort de 28 ouvriers. D'autre part, le grisou, tandis qu'il n'avait fait aucune victime pendant les trois années précédentes, a déterminé cinq accidents mortels, dans lesquels 6 mineurs ont péri; ces accidents se sont produits dans cinq concessions différentes, et il n'y a eu aucune catastrophe à déplorer en dehors de celle de Blanzv, précédemment mentionnée.

L'année 1895 s'est fait remarquer par un certain accroissement du nombre des tués. On en a compté 323 pour l'ensemble des mines, minières et carrières. Néanmoins, leur proportion s'est maintenue dans des limites fort inférieures à celles que révèlent les statistiques des pays étrangers, surtout en ce qui concerne les mines de charbon. Ces dernières ont donné lieu, en effet, à moins d'accidents mortels, que les autres mines et surtout que les carrières, soit souterraines, soit à ciel ouvert.

— Les usines métallurgiques de gros œuvre font l'objet du second chapitre de la statistique de l'industrie minérale. Celles dans lesquelles on produit directement de l'or, de l'argent, du plomb, du zinc, du cuivre, du nickel, de l'aluminium, de l'antimoine, quoique fort intéressantes, ont une importance secondaire sous le rapport de la valeur réalisée, qui n'a pas dépassé 37 millions, en 1895, contre 38 millions, l'année précédente.

On croit devoir signaler les progrès obtenus dans la fabrication de l'aluminium en fondant, dans des fours électriques, la bauxite tirée des carrières du Var et de l'Hérault. Cette remarquable invention a fait descendre le prix de ce métal, dans l'espace de quelques années, de 10.000 à 500 francs les 100 kilogrammes, et l'on en a fabriqué pour 1.800.000 francs en 1895.

Les usines sidérurgiques, c'est-à-dire celles dans lesquelles on donne naissance à la fonte, au fer ou à l'acier, tiennent une place considérable dans l'outillage national. La production des hauts-fourneaux, des usines à fer et des aciéries a consisté en :

Fontes.....	2.004.000 tonnes valant	111.3 millions.
Fers.....	757.000 —	117.2 —
Aciers ouvrés.....	715.000 —	183.2 —
Ensemble.....	3.476,000 tonnes valant	411.7 millions.

Par rapport à l'année 1894, on constate une diminution de 66.000 tonnes sur les fontes, une autre de 29.000 tonnes sur les fers et une augmentation de 41.000 tonnes sur les aciers ouvrés. Pour l'ensemble, les différences se résument en une diminution de 54.000 tonnes pour les quantités et de 4.800.000 francs pour la valeur des produits.

Le remplacement progressif du fer par l'acier est, en métallurgie, le fait capital de cette fin de siècle. Ainsi que nous le constatons dans le rapport de l'année dernière, depuis que nous obtenons les lingots d'acier à bas prix, en nous servant de fontes déphosphorées par le procédé Thomas, les usines à fer en sont réduites à chercher à subsister. Elles ont dû abandonner la fabrication des rails, des bandages et des essieux des roues de locomotives et de wagons, qui sont maintenant en acier d'une façon exclusive. Les tôles se fabriquent de plus en plus avec le même métal ; leur production a été, en effet, en 1895, de 182.000 tonnes pour les tôles d'acier et seulement de 86.000 pour les tôles de fer.

Si les demandes de rails n'avaient pas beaucoup diminué, à la suite du ralentissement logique apporté à l'achèvement de notre réseau de voies ferrées, notre production d'aciers de toute sorte dépasserait celle des fers. Du reste, la consommation des aciers en France, pendant l'année 1895, n'est restée que de 6 à 7 p. 100 au-dessous de celle des fers.

Les prix de vente ont généralement baissé, mais dans une faible proportion.

Le commerce extérieur des fontes, fers et aciers, dont la situation ressort des tableaux de l'Administration générale des douanes, a montré plus d'activité en 1895 que l'année précédente : l'excédent global des exportations sur les importations s'est élevé à 145.000 tonnes, tandis qu'il était seulement de 45.000 en 1894. Les fontes y participent pour 112.000 tonnes, les fers pour 22.000, les aciers pour 27.000 ; la différence par rapport au total ci-dessus tient à un excédent d'importation de 16.000 tonnes sur les ferrailles de fer ou d'acier, les limailles et pailles, qui y sont comprises.

Finalement, notre fabrication est demeurée stationnaire depuis quelques années pour les fers et aciers réunis ; elle a même décliné pour les fontes.

Il n'en est pas de même dans d'autres pays, où il reste à satisfaire de plus grands besoins à l'intérieur, ou bien qui ont pu se

créer, grâce à leur marine et à leurs conditions économiques, d'abondants débouchés à l'extérieur.

On peut en juger par la production de la fonte à l'étranger. En 1895, celle-ci s'est élevée en Angleterre à 7.827.000 tonnes, en s'accroissant de 281.000 tonnes; en Allemagne, y compris le Luxembourg, à 5.461.000 tonnes, en augmentant de 81.000 seulement; en Belgique à 829.000, en augmentant de 10.000. La statistique des États-Unis porte le chiffre de la production dans ce pays à 9.597.000 tonnes, accusant un excédent énorme et presque invraisemblable de 2.832.000 tonnes comparativement à l'année précédente.

Le troisième chapitre est consacré aux appareils à vapeur et se subdivise en trois sections où l'on passe en revue les appareils affectés : 1° aux établissements industriels et divers ; 2° à l'exploitation des chemins de fer ; 3° à la marine marchande.

La progression normale de ces différents appareils, que l'on constate depuis de longues années, s'est poursuivie en 1895 d'une façon plus accentuée qu'en 1894. Si l'on réunit les sections, on constate un accroissement de 3.054 chaudières, 620 récipients, 2.730 machines, 222.000 chevaux-vapeur, qui caractérise les progrès de nos industries.

On comptait, au 1^{er} janvier 1896, comme étant en activité, 96.972 chaudières à vapeur, parmi lesquelles 11.120 locomotives pourvues de foyer, 28.291 récipients et 85.390 machines motrices susceptibles de développer une puissance supérieure à 6 millions de chevaux-vapeur.

Le nombre des accidents n'a pas dépassé 36, chiffre voisin de la moyenne des vingt dernières années. Mais plusieurs d'entre eux ont présenté une gravité exceptionnelle; c'est ainsi que 9 mineurs ont été tués par l'explosion d'une chaudière installée souterrainement dans une houillère et que 7 personnes ont succombé à la suite de l'explosion d'une batteuse locomobile dans une exploitation agricole. Le nombre total des morts s'est élevé à 38, celui des blessés à 30.

Près des deux tiers des accidents ont été occasionnés par les conditions défectueuses de l'entretien des appareils.

Les ingénieurs du service local des mines, ceux du contrôle de l'exploitation des chemins de fer, enfin les commissions de surveillance des bateaux procèdent, avec le concours des contrôleurs des mines, aux épreuves réglementaires auxquelles les appareils

à vapeur sont soumis. Pendant l'année 1895, il a été exécuté 23.794 épreuves à l'aide de la presse hydraulique. Ce nombre est très élevé et n'a subi depuis cinq ans que de faibles variations.

Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur contribuent, pour leur part, à la surveillance des appareils installés dans les établissements industriels. Elles sont au nombre de 11, et les chaudières des associés formaient un total de 16.019 à la fin de l'année.

La Commission n'a pas besoin d'entrer dans de plus grands détails sur les matières si abondantes et si diverses qui lui ont été soumises, l'exposé qui précède faisant suffisamment ressortir l'intérêt et l'importance de la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur*.

Elle vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ses sentiments les plus dévoués et les plus respectueux.

Paris, le 18 décembre 1896.

L'Inspecteur général des mines,
Secrétaire de la commission,
O. KELLER.

L'Inspecteur général des mines,
Président de la commission,
E. LORIEUX.

JURISPRUDENCE.

MINES. — SOCIÉTÉ DE SECOURS ANTÉRIEURE A LA LOI DU 29 JUIN 1894. —
(Affaire V^{re} AMBROISE et consorts contre SOCIÉTÉ DES MINES DE BERT).

Jugement rendu, le 10 juin 1896, par le tribunal civil de la Seine
1^{re} chambre.

(EXTRAIT.)

Attendu que, le 1^{er} décembre 1879, il a été créé par la Société anonyme des mines de Bert, entre tous les ouvriers de cette société, sous la dénomination de « Caisse de secours et de prévoyance des ouvriers de la Société anonyme des mines de Bert », une association de prévoyance ayant pour objet d'assister les ouvriers blessés ou ayant contracté des maladies par suite de leurs travaux dans la mine, de venir en aide aux veuves et aux orphelins des ouvriers victimes d'accidents ;

Que les recettes de cette caisse se composaient notamment d'une retenue obligatoire de 3 p. 100 sur les salaires de tous les contremaîtres et ouvriers et d'une subvention de la société égale au chiffre de cette retenue ;

Que l'administration de la caisse était confiée par l'article 16 des statuts à un conseil de seize membres pris par moitié dans le personnel de la société et par moitié parmi les ouvriers ;

Que lesdits statuts n'ayant pris aucune disposition relativement à la constitution d'une réserve et au placement des fonds destinés au paiement des secours et pensions, il était expressément stipulé par l'article 14 que les rétributions de secours ne pourraient s'effectuer qu'autant que les fonds de la caisse suffiraient ; qu'à cet effet le conseil d'administration était investi de tous pouvoirs pour modifier ces rétributions selon les ressources de la caisse et la position la plus ou moins nécessaire de chacun des intéressés ;

Que la caisse de secours a fonctionné dans les conditions prévues, tant que la société a continué son exploitation ; mais qu'à la date du 19 avril 1894 ladite société, dont le capital avait été absorbé et qui était grevée d'un passif considérable, a été contrainte de se dissoudre ; que B... en a été nommé liquidateur avec pleins pouvoirs pour réaliser l'actif ; que la mine a été mise

en vente et adjugée au Sous-Comptoir des Entrepreneurs, auquel elle avait été hypothéquée et qui l'exploite aujourd'hui; que les secours et pensions dus par la caisse de prévoyance ont cessé d'être servis à partir de ce moment, le bénéfice de la nouvelle caisse de secours créée par le Sous-Comptoir en exécution, de la loi du 29 juin 1894, ayant été réservé aux seuls ouvriers encore occupés dans la mine; que l'actif, peu important d'ailleurs, de l'ancienne caisse, a été distribué aux titulaires de pensions de retraite et aux malades;

Attendu que les demandeurs, lesquels sont, les uns des ouvriers pensionnés ou en droit de prétendre à une pension, les autres des veuves retraitées d'ouvriers, soutiennent que, malgré sa dissolution et la cessation de son exploitation, l'ancienne société et chacun de ses actionnaires demeurent tenus de pourvoir au fonctionnement de la caisse; qu'ils ont, en conséquence, introduit tant contre B... ès nom, que contre D..., l'un des actionnaires, une instance tendant à ce que le liquidateur soit tenu d'opérer et D... de subir, au prorata du nombre de ses actions, les appels de fonds nécessaires à ce fonctionnement et à ce qu'ils soient condamnés à verser une provision de 20.000 francs à un liquidateur spécial qui serait nommé par le tribunal, à l'effet d'assurer, au mieux des intérêts des ayants droit, la liquidation de la caisse;

Attendu que le liquidateur soutient que les demandeurs tenant leurs droits de l'association de prévoyance constituée entre les ouvriers, et non de l'ancienne Société des mines de Bert, seraient sans qualité pour agir à l'encontre de cette dernière;

Mais attendu que, s'il est vrai que l'action directe individuelle leur fasse défaut, lesdits demandeurs sont recevables à exercer, en vertu de l'article 1166 du code civil, les actions pouvant appartenir à la caisse, dont ils justifient être créanciers; que vainement le liquidateur prétend que leurs créances ne constitueraient que des titres précaires, l'article 14 des statuts disposant, ainsi qu'on l'a vu plus haut, que les rétributions de secours ne s'effectueraient qu'autant que les fonds de la caisse suffiraient; que la subordination de l'exercice du droit à pension à l'état de la caisse ne fait pas disparaître ce droit; que l'argument est donc sans portée, en ce qui touche tout au moins la recevabilité de l'action; que la fin de non-recevoir proposée par B... ès nom doit, en conséquence, être écartée.

Au fond: attendu que la Société des mines de Bert n'a pris d'autre engagement que celui de verser à la caisse de secours

une subvention égale au chiffre de la retenue pratiquée sur les salaires des ouvriers; qu'elle a satisfait à cet engagement en acquittant la quote-part promise aussi longtemps qu'elle a continué l'exploitation; qu'elle ne saurait être tenue de payer indéfiniment une subvention dont la contre-partie a cessé d'être fournie par les ouvriers de la mine, lesquels ont constitué, sous les auspices et avec le concours de l'exploitant actuel, une nouvelle société de secours; que les demandeurs le reconnaissent eux-mêmes; qu'ils se bornent à demander que la compagnie et ses actionnaires pourvoient au service des pensions acquises et dont le nouvel exploitant n'a pas assumé la charge;

Mais attendu que la compagnie n'a jamais garanti ce service; que la caisse de secours constituée à l'état d'association distincte, avec des ressources propres à une administration autonome, devait seule l'assurer dans la limite de ses facultés, conformément à l'article 14 des statuts; que vainement les demandeurs excipent de l'article 15 des mêmes statuts, par lequel la société avait stipulé que, par suite de la part prise par elle à l'augmentation du capital de la caisse de secours, elle ne pourrait être recherchée pour les accidents et pensions à faire, d'où ils concluent que l'engagement pris par elle correspondait à une obligation légale dont elle se serait ainsi déchargée, par une sorte de forfait; qu'à supposer que la compagnie n'ait pas entendu seulement remplir un devoir de charité et de conscience envers des ouvriers âgés, malades ou blessés, mais s'exonérer par un forfait plus ou moins licite des conséquences de ses fautes, cette circonstance n'a pu modifier la nature de son engagement, qui a consisté uniquement à fournir les subventions corrélatives aux versements opérés par les ouvriers, ce qu'elle a fait jusqu'au moment où son exploitation a pris fin;

Que les demandeurs ne sont pas mieux fondés à prétendre qu'en négligeant d'imposer à l'adjudicataire de la mine le service des pensions acquises le liquidateur aurait commis une faute qui suffirait, en tous cas, pour engager même au-delà de son obligation primitive la responsabilité de la société; que la mine était hypothéquée pour une somme bien supérieure à sa valeur et que les créanciers inscrits n'eussent pas manqué de s'opposer à une aggravation des charges qui aurait, en fait, rendu l'adjudication impossible, puisque le capital des pensions en cours est bien supérieur au prix qu'elle a produit; qu'encore moins les demandeurs peuvent exciper contre la Société des mines de Bert et contre ses anciens actionnaires des dispositions de la loi du 29 juin 1894

sur les caisses de secours et de retraite des ouvriers mineurs; que les obligations nouvelles édictées par cette loi constituent une charge légale de l'exploitation et incombent aux exploitants seuls; que cette qualité n'appartient plus à la société qui avait cessé d'exploiter, au moment où la nouvelle législation est devenue applicable; qu'il est donc sans intérêt, en l'absence du Sous-Comptoir des Entrepreneurs, lequel n'est pas en cause, de rechercher si, malgré le rejet des dispositions précédemment votées par la Chambre des députés, à l'effet de pourvoir au moyen de cotisations et de subventions spéciales, au paiement des pensions acquises ou en cours d'acquisition, la loi a entendu accorder une action quelconque aux titulaires de ces pensions, ou si, au contraire, le législateur ne s'est pas reconnu impuissant à remédier aux actes d'imprévoyance commis par les anciennes caisses et ne s'en est pas rapporté à cet égard au bon vouloir des exploitants aussi bien que des ouvriers; qu'il est certain en tous cas qu'il n'a pas entendu astreindre tous ceux qui ont pu se succéder dans l'exploitation d'une mine, à pourvoir, au-delà même des engagements qu'ils ont contractés, au service des pensions, alors qu'ils ont, comme dans l'espèce, pleinement rempli ces engagements, exactement versé les subventions promises, et fidèlement remis aux ayants-droit l'actif de la caisse dont le fonctionnement n'a été interrompu que par un événement dont ils ont été les premières victimes; que l'action des demandeurs, quelque digne d'intérêt que soit leur situation, doit donc être rejetée en tant qu'elle est dirigée contre la liquidation de l'ancienne Société des mines de Bert, sauf à eux à pourvoir, s'ils le jugent convenable, à la liquidation de la caisse dans les conditions réglées par l'article 24 de la loi de 1894; que l'action dirigée contre l'un des actionnaires de la société doit être rejetée par les mêmes motifs, sans qu'il soit besoin par le tribunal de statuer sur la fin de non-recevoir opposée à cette action;

Par ces motifs: sans s'arrêter ni avoir égard aux fins de non-recevoir opposées à l'action des demandeurs; les déclare mal fondés dans leur demande, les en déboute et les condamne aux dépens.

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

DÉCISIONS DIVERSES.

Arrêté du 3 décembre 1896. — Les Élèves-Ingénieurs des Mines hors concours nommés Ingénieurs ordinaires de 3^e classe (*) pour prendre rang à dater du 16 décembre 1896, reçoivent les destinations suivantes :

I. — **M. Lebrun** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul et du 3^e arrondissement du contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer de l'Est, en remplacement de **M. Villain**, appelé à une autre destination.

II. — **M. Caltaux** est chargé, à la résidence de Toulouse, des services ci-après désignés, en remplacement de **M. Cuvelette**, appelé à une autre destination, savoir :

1^o Service du sous-arrondissement minéralogique de Toulouse-Ouest;

2^o Contrôle de l'exploitation technique du chemin de fer d'Orléans (7^e arrondissement);

3^o Contrôle de l'exploitation technique du réseau du Midi (2^e arrondissement).

III. — **M. Chipart** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Rodez, en remplacement de **M. Colin de Verdière**, appelé à une autre destination.

IV. — **M. Ravier** est chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Oran et du 1^{er} arrondissement du contrôle de l'exploitation technique des chemins de fer Algériens, en remplacement de **M. Bailly** précédemment appelé à une autre destination.

(*) Voir *suprà*, p. 603.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Dans la séance du 18 mars 1895, **M. Ad. Carnot**, Inspecteur général de 2^e classe, a été élu membre libre de l'Académie des sciences (*).

Dans sa séance du 21 décembre 1896, l'Académie des sciences a décerné :

1^o Le prix Vaillant à **M. Lallemant**, Ingénieur en Chef de 2^e classe pour les perfectionnements théoriques et pratiques apportés par lui aux nivellements de précision ;

2^o Le prix Fontannes à **M. Douvillé**, Ingénieur en Chef de 1^{re} classe, pour l'ensemble de ses travaux paléontologiques ;

3^o Le prix Jean Reynaud (**) à **M. Poincaré**, Ingénieur en Chef de 2^e classe, membre de l'Académie des Sciences.

4^o Le prix Laplace à **M. de Nanteuil de la Norville**, Élève-Ingénieur des mines, sorti le premier de l'École polytechnique ;

5^o Le prix Rivot à **MM. de Nanteuil de la Norville et Dutilleul**, Élèves-Ingénieurs, entrés les deux premiers à l'École nationale supérieure des mines.

II. — Contrôleurs des mines.

NOMINATION.

14 décembre 1896. — **M. Lesieur** (Louis), Commis, ancien Élève breveté de l'École des maîtres-ouvriers mineurs de Douai, sorti en 1891, avec le n^o 2, est nommé Contrôleur de 4^e classe et attaché, dans le département de la Haute-Savoie, à la résidence d'Annecy, au service du sous-arrondissement minéralogique de Chambéry.

(*) Omis à sa date.

(**) Ce prix est décerné successivement par chacune des cinq Académies « au travail le plus méritant, relevant de chaque classe de l'Institut, qui se sera produit pendant une période de cinq ans ».

DISPONIBILITÉ.

12 décembre 1896. — **M. Revellin**, Contrôleur de 4^e classe, détaché au Ministère de la Guerre, est mis en disponibilité avec demi-traitement pour défaut d'emploi, jusqu'au moment où il pourra être remis en activité.

DÉCISIONS DIVERSES.

31 décembre 1896. — **M. Gourvest**, Contrôleur de 3^e classe, attaché au Service du Contrôle des tramways du département de la Seine, est attaché, en outre, au service du Contrôle spécial des lignes en exploitation, en construction ou à construire dans Paris.

31 décembre. — **M. Peyronnet**, Contrôleur de 4^e classe attaché, dans le département de la Seine, au Service spécial du Contrôle des lignes en exploitation, en construction ou à construire dans Paris, est attaché, en outre, au Service du Contrôle des tramways du département de la Seine.

SERVICE DES MINES.

Arrêté du 3 décembre 1896. — Les sous-arrondissements minéralogiques de Saint-Étienne-Ouest et de Saint-Étienne-Est, sont réorganisés comme il suit :

1^o Sous-arrondissement de Saint-Étienne-Ouest :

M. Coste, Ingénieur ordinaire de 2^e classe :

Département de la Loire, arrondissements administratifs de Roanne et de Montbrison, arrondissement administratif de Saint-Étienne, moins la partie orientale de la commune de Saint-Étienne et du canton de Saint-Héand, jusqu'au Furens, les communes de la Talandière, de Terrenoire, de Saint-Jean-Bonnefonds, et de Rochetaillée, et les cantons de Saint-Genest-Malifaux, Bourg-Argental, Pélussin, Rive-de-Gier et Saint-Chamond.

2^o Sous-arrondissement de Saint-Étienne-Est :

M. Leproux, Ingénieur ordinaire de 2^e classe :

Département de la Loire, partie de l'arrondissement administratif de Saint-Étienne comprenant la partie orientale de la com-

mune de Saint-Étienne et du canton de Saint-Héand jusqu'au Furens, les communes de la Talandière, de Terrenoire, de Saint-Jean-Bonnefonds et de Rochetaillée, et les cantons de Saint-Genest-Malifaux, Bourg-Argental, Pélussin, Rive-de-Gier et Saint-Chamond.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Arrêté du 14 décembre 1896. — Le service du Contrôle de l'exploitation des lignes de Saint-Jean-d'Angély, à Cognac, à Civray et à Marans (C^{ie} des chemins de fer départementaux) est rattaché, savoir :

1° Pour le contrôle de la voie et des bâtiments :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur des Ponts et Chaussées du réseau de l'État;

2° Pour le contrôle de l'exploitation technique :

Au 3° arrondissement d'Ingénieur des Mines du réseau de l'État;

3° Pour le contrôle de l'exploitation commerciale :

A la 2° circonscription d'Inspecteur du réseau de l'État.

Il sera statué ultérieurement sur l'organisation de la surveillance administrative du réseau.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME V.

Lois.

	Pages.
16 juillet 1896. — Modification de l'article 41 de la loi du 29 juin 1894 sur les caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs.....	409

Décret du Président de la République.

1 ^{er} janvier 1896. — Promulgation en France d'un arrangement additionnel à la Convention internationale de Berne du 14 octobre 1890.....	5
6 janvier. — Déclaration d'intérêt public de fixation d'un périmètre de protection pour la source minérale dite <i>du Puits</i> à LA MOTTE-LES-BAINS (Isère).....	36
10 janvier. — Etablissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 2 ^e catégorie à MAYRES (Ardèche).....	37
24 janvier. — Renonciation à la concession des mines de <i>houille</i> des BÉRAUDS-ET-GABELIERS (Allier).....	41
24 janvier. — Renonciation à la concession des mines de <i>houille</i> du MONTET-AUX-MOINES (Allier).....	42
26 janvier. — Règlement pour l'exploitation des carrières du département de MAINE-ET-LOIRE.....	42
27 janvier. — Concession d'une parcelle de terrain dépendant du grand lac salé d'ORAN (Algérie).....	57
8 février. — Etablissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à SAINT-PIERRE-LA-PALUD (Rhône).....	117
13 février. — Etablissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à SAHORRE (Pyrénées-Orientales).....	77
15 février. — Modification du décret du 2 juillet 1894 relatif au recrutement et à l'organisation du personnel des commissaires de surveillance administrative des chemins de fer.....	78
22 février. — Etablissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à BRUAY (Pas-de-Calais).....	79
4 mars. — Concession des mines de <i>fer</i> d'URVILLE (Calvados)...	118
4 mars. — Concession des mines de <i>fer</i> de GOUVIX (Calvados)....	124
5 mars. — Concession des mines de <i>fer</i> de BULLY (Calvados)....	126
7 mars. — Prorogation des délais d'expropriation pour l'établissement du chemin de fer minier de LA RIBILLE (Var).....	127

	Pages.
9 mars 1896. — Renonciation à la concession des mines de <i>manganèse</i> de FAUCOGNEY (Haute-Saône).....	128
10 mars. — Autorisation à la SOCIÉTÉ DES ROUILLÈRES DE SAINT-ÉTIENNE de se transformer en société anonyme dans les termes de la loi du 24 juillet 1867.....	129
13 mars. — Modification de l'ordonnance institutive de la concession des mines de <i>plomb sulfuré</i> de CHAMBONNET-ET-VERSILHAC (Haute-Loire).....	130
14 mars. — Concession de la franchise postale à divers fonctionnaires et agents du contrôle des chemins de fer.....	131
25 mars. — Ouverture d'un service public sur la section de LA NIARET au CLUZEL du chemin de fer minier de ROCHE-LA-MOLIERE ET FIRMINY (Loire).....	134
27 mars. — Établissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à CHAMBON (Gard).....	135
27 mars. — Modification du décret du 7 mai 1895 relatif aux conditions de fonctionnement de la fabrique de dynamite de PAC-LILLES (Pyrénées-Orientales).....	136
2 avril. — Rejet d'une demande en concession de mines de <i>lignite</i> dans les communes de CHAMBÉRY-LE-VIEUX, SONNAZ et VOGLANS (Savoie).....	321
2 avril. — Rejet d'une demande en concession de mines de <i>lignite</i> dans les communes de LA MOTTE-SERVOLEX, LE BOURGET-DU-LAC et CHAMBÉRY-LE-VIEUX (Savoie).....	321
23 avril. — Rejet d'une demande en concession de mines d' <i>anthracite</i> dans les communes de MACOT, BELLENTRE et LANDRY (Savoie).....	322
24 avril. — Rejet d'une demande en concession des mines de <i>plomb argentifère, cuivre, zinc et autres métaux connexes</i> dans les communes de SAINT-ANDRÉ-LACHAMP et autres (Ardèche).....	322
29 avril. — Nomination de M. TURREL, député, comme ministre des travaux publics.....	322
7 mai. — Réunion des concessions de mines de <i>houille</i> de LANGUIN (Loire-Inférieure) et de MONTRELAIS-MOUZEIL (Loire-Inférieure et Maine-et-Loire).....	345
7 mai. — Modification du décret du 27 avril 1892 réglementant l'exploitation des carrières du département des HAUTES-PYRÉNÉES.....	345
11 mai. — Déclaration d'utilité publique pour l'établissement d'un chemin de fer aérien devant relier la mine de <i>fer</i> de COULMY à l'usine de GOURAINCOURT, à LONGWY (Meurthe-et-Moselle)...	346
13 mai. — Déclaration d'utilité publique pour l'établissement d'un chemin de fer devant relier la mine de <i>fer</i> de BRÉHAIN aux usines de MICHEVILLE-VILLERUPT (Meurthe-et-Moselle).....	351
13 mai. — Réunion des concessions de mines de <i>zinc, plomb, argent et autres métaux connexes</i> de SAINT-JULIEN-DE-LA-NEF (Gard) et de <i>zinc, plomb, argent, cuivre et autres métaux connexes</i> de GANGES (Hérault).....	352

	Pages.
27 mai 1896. — Autorisation de recherches de minerai de <i>plomb argentifère</i> dans la commune de <i>POULLAOUEN</i> (Finistère).....	353
30 juin. — Concession des mines de <i>pyrite de fer et autres minerais connexes</i> du <i>PRABIS</i> (Nièvre).....	382
2 juillet. — Renonciation à la concession des mines de <i>plomb</i> de <i>SAINT-MARTIN-LA-SAUVETÉ</i> (Loire).....	405
9 juillet. — Concession des mines de <i>plomb, argent, zinc et cuivre</i> de <i>Vézis</i> (Aveyron).....	405
10 juillet. — Établissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à <i>ISPOURRE</i> (Basses-Pyrénées).....	407
17 juillet. — Réglementation de l'exploitation de l'or, des métaux précieux et des pierres précieuses à <i>MADAGASCAR</i>	410
12 août. — Augmentation de la contenance d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 1 ^{re} catégorie à <i>NOËUX-LES-MINES</i> (Pas-de-Calais).....	437
14 août. — Extension de la concession des mines de <i>fer, manganèse et autres métaux connexes</i> de <i>TOUSSIEU</i> (Isère).....	438
14 août. — Rejet d'une demande en concession de mines de <i>plomb, argent, cuivre et autres métaux connexes</i> dans les communes d' <i>ARPHY</i> et autres (Gard)	441
14 août. — Rejet d'une demande en extension de la concession des mines de <i>roches bitumineuses et asphaltiques</i> de <i>MONTROTIER</i> (Haute-Savoie).....	441
14 août. — Modification du décret du 8 avril 1893 réglementant l'exploitation des <i>tourbières</i> du département de la <i>Somme</i>	441
14 août. — Réglementation de la recherche et de l'exploitation des mines au <i>SÉNÉGAL</i> et au <i>SOUDAN</i>	443
22 août. — Concession des mines de <i>plomb argentifère et autres métaux connexes</i> de <i>NONARDS</i> (Corrèze).....	452
23 août. — Concession des mines de <i>fer</i> de <i>FILLIÈRES</i> (Meurthe-et-Moselle).....	453
23 août. — Déclaration d'utilité publique d'un chemin de fer reliant la mine de <i>CHAMPIGNEULLES</i> au <i>CHEMIN DE FER DE L'EST</i> (Meurthe-et-Moselle).....	455
1 ^{er} septembre. — Réorganisation de l'administration centrale du ministère des travaux publics.....	499
2 septembre. — Établissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 2 ^e catégorie à <i>L'HUISSERIE</i> (Mayenne).....	479
10 septembre. — Concession des mines de <i>sel gemme</i> de <i>SAUVETERRE</i> (Basses-Pyrénées).....	480
29 septembre. — Établissement d'un dépôt de <i>dynamite</i> de 2 ^e catégorie à <i>FUMAY</i> (Ardennes).....	486
17 octobre. — Réorganisation du régime des mines de la <i>NOUVELLE-CALÉDONIE</i>	519
17 octobre. — Fixation des droits d'exportation des minerais extraits en <i>NOUVELLE-CALÉDONIE</i>	539
18 octobre. — Réorganisation de l'école nationale supérieure des mines.....	540
19 octobre. — Promulgation en France d'une déclaration additionnelle à la Convention internationale de Berne du 14 août 1890.	564

	Pages.
22 novembre 1896. — Arrangement additionnel du 16 juillet 1895 à la Convention internationale de Berne du 14 octobre 1890. — Déclaration d'exécution en France, à l'égard de toutes les puissances signataires.....	571
24 novembre. — Concession des mines de <i>soufre</i> de BOURNE (Basses-Alpes).....	572
24 novembre. — Concession des mines de <i>soufre</i> de LA CROUPATAS- SIÈRE (Basses-Alpes).....	574
24 novembre. — Concession des mines de fer d'AMANCE (fusion et extension) (Meurthe-et-Moselle).....	576
24 novembre 1896. — Rejet d'une demande en concession de mines de <i>sel et sources salées</i> , dans les communes de NANCY et autres (Meurthe-et-Moselle).....	580
9 décembre. — Déclaration d'utilité publique pour l'établissement d'un chemin de fer devant relier les mines de <i>fer</i> d'AMANCE à la ligne de NANCY à MONCEL (Meurthe-et-Moselle).....	609
18 décembre. — Renonciation à la concession des mines de <i>zinc, plomb, argent et autres métaux connexes</i> de GRIMAUD (Var)...	615
31 décembre. — Réorganisation de la haute administration de l'ALGÉRIE.....	615

Arrêtés ministériels.

16 janvier 1896. — Modification de l'arrêté du 26 octobre 1895 relatif à l'organisation du contrôle des chemins de fer.....	41
24 janvier. — Institution d'une commission de surveillance de bateaux à vapeur à FONTENAY-LE-COMTE (Vendée).....	42
24 février. — Organisation du contrôle des chemins de fer en Algérie	80
10 avril. — Déchéance des concessionnaires des mines de <i>lignite et schiste carbonifère</i> de BOUTANESSE (Puy-de-Dôme).....	321
4 juin. — Délimitation de la concession des mines d' <i>asphalte</i> du PONT-DE-CÉRASSON n° 2 (Haute-Savoie).....	381
15 juillet. — Modification de l'arrêté du 2 février 1893 relatif aux brevets des mécaniciens de la marine marchande.....	407
28 juillet. — Annulation de l'arrêté de déchéance des concessionnaires des mines de <i>fer et manganèse</i> de MONTCOUYOL (Tarn).....	419
21 août. — Annulation de l'arrêté de déchéance des concessionnaires des mines de <i>lignite</i> de DARSON (Haute-Savoie).....	451
1 ^{er} octobre. — Modification du programme des connaissances exigées pour l'admission à l'Ecole des mines de Saint-Étienne.	507
13 octobre. — Approbation des procès-verbaux d'adjudication après déchéance des concessions de <i>mines métalliques</i> du CHARDONNET, du LAUTARET et de LA MONTAGNE DEL'HOMME (Hautes-Alpes)	518
16 octobre 1896. — Approbation du procès-verbal d'adjudication après déchéance de la concession de <i>mines métalliques</i> de SAINT-AUGUSTIN (Corse).....	518

TABLE DES MATIÈRES

679

	Pages.
19 octobre 1896. — Règlement du régime intérieur de l'École nationale supérieure des Mines.....	552

Circulaires ministérielles.

10 janvier 1896. — Caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs. — Comptes rendus annuels de leur situation.....	59
20 janvier. — Statistique de l'industrie minérale. — Année 1895. — Mines et usines. — Instructions.	64
6 février. — Statistique de l'industrie minérale. — Production des carrières	89
13 février. — Chemins de fer. — Trains spéciaux.....	93
15 février. — Frais de tournées des ingénieurs et contrôleurs des mines. — Modification de la circulaire du 9 décembre 1892...	94
29 février. — Rappel des circulaires antérieures relatives à la désignation des avocats de l'Administration.....	96
16 mars. — Caisses de secours des ouvriers mineurs. — Surveillance par l'Administration.....	137
29 mars. — Chemins de fer. — Durée de travail des agents. — Rappel des circulaires antérieures.....	141
8 avril. — Carte géologique de la France. — Renseignements sur les sondages miniers.....	323
10 avril. — Appareils à vapeur. — Surveillance des locomobiles.	324
13 avril. — Chemins de fer. — Compartiments réservés.....	325
23 avril. — Chemins de fer. — Compartiments des dames seules et des fumeurs.....	326
13 juin. — Impressions nécessaires aux services extérieurs. — Approbations par les préfets des mémoires de dépenses. — Modification de la circulaire du 26 juin 1890.....	384
15 juin. — Laboratoires de chimie départementaux. — Comptes rendus annuels.....	389
17 juin. — Chemins de fer. — Circulation à pied dans l'enceinte de la voie ferrée. — Article 61 de l'ordonnance du 15 novembre 1846.....	391
25 juin. — Bateaux à vapeur naviguant dans les eaux maritimes. — Fixation du nombre maximum des passagers.....	392
30 juin. — Exercice du service de garde des voies de communication. — Loi du 2 juillet 1890.....	394
25 juillet. — Chemins de fer. — Mesures de sécurité. — Relevés annuels.....	420 et 421
30 juillet. — Chemins de fer. — Service du chef de station et des mécaniciens et chauffeurs.....	423
31 juillet. — Droits d'épreuve des appareils à vapeur. — Application des articles 6 et 7 de la loi du 18 juillet 1892.....	425
13 août. — Sociétés de secours pour les ouvriers mineurs. — Loi du 16 juillet 1896, modifiant la loi du 29 juin 1894.....	459
13 août. — Loi du 29 juin 1894 sur les caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs. — Questions d'application en ce qui concerne les versements pour la retraite.....	461

	Page.
25 août 1896. — (<i>Ministère du commerce et de l'industrie</i>). — Dynamite. — Instruction des affaires y relatives par le service des ponts et chaussées.....	465
29 août. — Explosifs de sûreté. — Calcul de la température de détonation	466
1 ^{er} septembre. — Délégués à la sécurité des ouvriers mineurs. — Renouvellement triennal.....	487
1 ^{er} septembre. — Appareils à vapeur. — Tambours sécheurs contenant de la vapeur sous pression employés dans les papeteries. — Mesures de sécurité.....	488
17 septembre. — Franchise postale. — Expéditions abusives de paquets d'imprimés. — Instructions	489
22 septembre. — Appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent dans les eaux maritimes. — Évaluation de la puissance d'évacuation des soupapes de sûreté.....	491
23 novembre. — Chemins de fer. — Enquête sur les moyens d'assurer la sécurité des trains, notamment sur les lignes à voie unique	581
7 décembre. — Navigation maritime à vapeur. — Formules à employer par le service de surveillance.....	624
10 décembre. — Comptabilité. — Paiement des traitements le dernier jour du mois.....	648
19 décembre. — Chemins de fer. — Trains ouvriers.....	649
26 décembre. — Admission dans le corps des contrôleurs des mines. — Concours de 1897.....	650

Décisions du Conseil d'État au contentieux.

22 mai 1896. — Mines. — Privation de redevances tréfoncières résultant de l'interdiction d'exploiter aux abords d'une voie ferrée (Affaire C ^{ie} DES CHEMINS DE FER DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre consorts NEYRET).....	355
22 mai 1896. — d° d° (Affaire C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre consorts MEHLAT).	362
22 mai 1896. — d° d° (Aff. consorts THIOLLIÈRE contre C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE).	372
27 novembre 1896. — d° d° (Affaire C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre consorts TÉZENAS).	584
27 novembre 1896. — d° d° (Affaire C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre consorts THIOLLIÈRE).	589
27 novembre 1896. — d° d° (Affaire C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre consorts DAVID).	592
22 mai 1896. — Interdiction d'exploiter une mine aux abords d'une voie ferrée. — Indemnité due par le concessionnaire du chemin de fer (Affaire C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE contre SOCIÉTÉ CIVILE DE LA PETITE-RICAMARIE)	366
27 novembre. — d° d° (Affaire COSTE, CLAVEL ET C ^{ie} et SOCIÉTÉ DES HOUILLÈRES DE RIVE-DE-GIER contre C ^{ie} PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE).....	596

TABLE DES MATIÈRES

681

Pages.

13 novembre 1896. — Mines. — Arrêté ministériel prononçant la déchéance du concessionnaire. — Pourvoi à fin d'annulation. — Rejet (Affaire SALARNIER). — Concession de SAINT-SANTIN-CAUTALÈS (Cantal).....	583
--	-----

Avis du Conseil d'État.

5 août 1896. — Sources d'eau minérale. — Application des lois du 17 juin 1840 et du 14 juillet 1856.....	566
--	-----

Arrêts de la Cour de cassation.

21 juin 1895. — <i>Chambre criminelle</i> . — Appareils et bateaux à vapeur. — Contraventions aux règlements. — Complicité (Affaire du bateau à vapeur « GÉDÉON COUDERT »).....	429
2 mars 1896. — <i>Chambre des requêtes</i> . — Caisses de secours des ouvriers mineurs. — Nomination et renouvellement des membres des conseils d'administration. — Application des articles 12 et 13 de la loi du 29 juin 1894 (Affaire SOCIÉTÉ DE SECOURS DES MINES DE LENS)..... 333, 339 et	341
8 mai 1896. — <i>Chambre criminelle</i> . — Appareils et bateaux à vapeur. — Contraventions aux règlements. — Complicité (Affaire du bateau à vapeur « GÉDÉON COUDERT »).....	431
6 juin 1896. — <i>Chambre civile</i> . — Mines. — Dommages causés à la propriété superficielle par suite d'une interdiction d'irriguer. — Règlement de l'indemnité due (Affaire époux MOUROT contre C ^{ie} DES HOUILLÈRES D'AHUN).....	474
8 juillet 1896. — <i>Chambre des requêtes</i> . — Mines. — Dommages à la surface. — Mode de réparation (Affaire DELASSUS contre C ^{ie} DES MINES DE LIÉVIN).....	498

Arrêts de Cours d'appel.

26 janvier 1892. — <i>Limoges</i> . — Mines. — Dommages causés à la propriété superficielle par suite d'une interdiction d'irriguer. — Règlement de l'indemnité due (Affaire époux MOUROT contre C ^{ie} DES HOUILLÈRES D'AHUN).....	474
12 décembre 1894. — <i>Bordeaux</i> . — Appareils et bateaux à vapeur. — Contravention aux règlements. — Complicité (Affaire du bateau à vapeur « GÉDÉON COUDERT »).....	428
9 mai 1895. — <i>Douai</i> . — Mines. — Dommages à la surface. — Mode de réparation (Affaire DELASSUS contre C ^{ie} DES MINES DE LIÉVIN).....	495
13 novembre 1895. — <i>Agen</i> . — Appareils et bateaux à vapeur. — Contraventions aux règlements. — Complicité (Affaire du bateau à vapeur « GÉDÉON COUDERT »).....	430

	Pages.
7 décembre 1895. — <i>Nancy</i> . — Mines. — Tarissement de sources occasionné par l'exploitation souterraine (Affaire MULLER contre SOCIÉTÉ DE VEZIN-AULNOYE)	107
29 février 1896. — <i>Grenoble</i> . — Vente d'huiles minérales par un concessionnaire de mines de schistes bitumineux. — Compétence des tribunaux de commerce (Affaire VALLAT, MALLEVAL ET C ^{ie} contre SOCIÉTÉ DES SCHISTES DE CHEVIGNY)	397

Jugements de tribunaux.

30 juin 1894. — <i>Aubusson</i> . — Mines. — Dommages causés à la propriété superficielle par suite d'une interdiction d'irriguer. — Règlement de l'indemnité due (Affaire époux MOUROT contre C ^{ie} DES ROUILLÈRES D'AHUN)	469
1 ^{er} juin 1894. — <i>Béthune</i> . — Mines. — Dommages à la surface. — Mode de réparation (Affaire DELASSUS contre C ^{ie} DES MINES DE LIÉVIN)	493
6 juillet 1894. — <i>Bordeaux</i> (trib. correctionnel). — Appareils et bateaux à vapeur. — Contraventions aux règlements. — Complicité (Affaire du bateau à vapeur « GÉDÉON COUDERT »)	427
22 avril 1895. — <i>Nancy</i> . — Mines. — Tarissement de sources occasionné par l'exploitation souterraine (Affaire MULLER contre SOCIÉTÉ DE VEZIN-AULNOYE)	97
24 août 1895. — <i>Romans</i> (trib. de commerce). — Vente d'huiles minérales par un concessionnaire de mines de schistes bitumineux. — Compétence des tribunaux de commerce (Affaire VALLAT, MALLEVAL ET C ^{ie} contre SOCIÉTÉ DES SCHISTES DE CHEVIGNY)	396
18 septembre 1895. — <i>Lens</i> (justice de paix). — Caisses de secours des ouvriers mineurs. — Nomination et renouvellement des membres des conseils d'administration. — Application des articles 12 et 13 de la loi du 29 juin 1894 (Affaire SOCIÉTÉ DE SECOURS DES MINES DE LENS)	334
19 septembre 1895. — <i>Vimy</i> (justice de paix). — d° d° (Affaire SOCIÉTÉ DE SECOURS DES MINES DE LENS)	337
21 septembre 1896. — <i>Cambrin</i> (justice de paix). — d° d° (Affaire SOCIÉTÉ DE SECOURS DES MINES DE LENS)	338
10 juin 1896. — <i>Seine</i> . — Mines. — Société de secours antérieure à la loi du 29 juin 1894 (Affaire V ^{ie} AMBROISE et consorts contre SOCIÉTÉ DES MINES DE BERT)	667

Objets divers.

Convention internationale de Berne du 4 octobre 1890 concernant le transport de marchandises par chemin de fer :	
20 septembre 1893. — Déclaration additionnelle	564
16 juillet 1895. — Arrangement additionnel	6

Caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs :	
I. — Discours prononcé par le ministre des travaux publics à la séance de clôture des travaux de la commission arbitrale...	65
II. — Note sur les travaux de la commission arbitrale.....	327
Travail des enfants et des femmes dans les mines, minières et carrières en 1895. — Rapport de la commission supérieure du travail	653
Rapport de la commission de statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur (année 1895).....	659
Sources d'eau minérale. — Autorisations.....	623

PERSONNEL.

I. — Ingénieurs.

Anglès-Dauriac, 434.

Bailly, 73 et 568. — Barrat, 476. — Beaugey, 502. — de Béchevel, 503. — Bellanger, 434. — Bernard, 433. — Bernheim, 70. — Bertrand, 70.

Bés de Berc, 434. — de Billy, 115. — Boutan, 143.

Caltaux, 603 et 671. — Carnot (Ad.), 672. — Castel, 143. — De Castelnau, 402. — Chipart, 603 et 671. — Clérault, 603. — Colin de Verdière, 604. — Coste, 380 et 673. — Cousin, 604. — Cuvelette, 75 et 605.

Daubrée, 378. — Dougados, 402 et 503. — Douvillé, 672. — Dupont, 378. — Dussert, 434. — Dutilleul, 502 et 672.

Fèvre, 603.

Glasser, 434.

Henriot, 503 et 604. — Heurteau, 603. — Humbert, 569.

Ichon, 568.

Jacob, 73 et 433. — Janet, 70. — Jordan (Paul), 434.

Keller, 115.

Lallemand, 672. — Langlois, 604. — Lantenois, 73 et 145. — Laurans, 402. — Lebrun, 603 et 671. — Le Chatelier, 603. — Lecornu, 70 et 144. — Leprince-Ringuet, 434. — Leproux, 603 et 673. — Lévy (Michel), 605. — Lodin, 603. — Lorieux, 143 et 144.

Massieu, 115. — Matrot, 476. — Mettrier, 75. — de Nanteuil de la Norville, 502 et 672. — Nentien, 74.

Olry, 144. — Orsel, 342.

Pelletan, 144. — Pelnard, 502. — Perrin, 503. — Peslin, 143. — Poincaré, 672. — Potiron de Boisfleury, 434. — Pourcel, 434. — Pouyanne, 73.

Ravier, 603 et 671. — Resal, 476. — Rivet, 144. — Rolland, 378.

Sauvage, 503. — Solente, 434.

Tauzin, 402.

Villain, 503 et 604. — Villot, 433. — Vital, 568. — Voisin (Armand), 378. — Voisin (Honoré), 143.

Weiss, 603. — Wickersheimer, 115. — Worms de Romilly, 143 et 144.

II. — Contrôleurs des mines.

Auvergne, 569.
 Balmitgère, 403. — Balteau, 569. — Béatrix, 504. — Bonvin, 379.
 Cadieu, 379. — Chalot, 343. — Chaudoreille, 435. — Chaumier, 435. —
 Cloupet, 342. — Cossange, 343. — Cuvillier, 435.
 Décatoire, 435. — Denizet, 403. — Desvignes, 403. — Domergue, 435.
 Douat, 116. — Dumas (Henri), 71.
 Félix, 403. — Flandrin, 435. — Flatraud, 605. — Foucault, 434. —
 Futin, 343.
 Gabon, 116. — Garreau, 145. — Gourvest, 673. — Guèze, 145. —
 Guillot, 435.
 Hoctin, 435.
 Issartier, 435.
 Jacquin, 435. — Jamet, 379.
 Labeyrie (Adolphe), 71. — Lafond, 380. — Lafont, 476. — Larmanou, 404. — Lemoine, 116. — Lesieur, 672.
 Magalon, 71. — Maillon, 403. — Mazagot, 342. — Mercier, 403. —
 Morel, 379.
 Perrot, 605. — Peyronnet, 569 et 673. — Pierrat, 343. — Pommier, 435
 et 605. — Portal, 435. — Préchey, 343 et 434. — de Précorbin, 342.
 Revellin, 673. — Roux (Adrien), 435.
 Seignobosc (Théodore), 605. — Simon (Louis), 378. — Soulages, 435.
 — Stopin, 379.
 Teyssonnières, 116.
 Vaillant, 343. — Vandernotte, 605. — Varin, 605. — Vernhettes, 435. —
 Vincent, 435. — Vollot, 435.
 Watrin, 435.
 Yvart, 434.

III. — Commis des mines.

Fausch, 380.
 Mathieu, 379.

Chemins de fer en exploitation.

	Pages.
16 janvier 1896. — Modification de l'arrêté du 26 octobre 1895 relatif à l'organisation du contrôle des chemins de fer.....	41
17 janvier. — Réorganisation des circonscriptions d'ingénieur en chef du contrôle du réseau des chemins de fer algériens.....	71
28 janvier. — Réorganisation des arrondissements d'ingénieur ordinaire du contrôle du réseau du Midi.....	74
15 février. — Réorganisation du personnel des commissaires de surveillance administrative	78
24 février. — Organisation du contrôle des chemins de fer algé- riens.....	80
23 mars. — Organisation du contrôle de l'exploitation technique des lignes de Bône-Guelma et de Bône à Aïn-Mokra (Algérie).	145
11 mai. — Organisation du contrôle de l'exploitation du chemin de fer du Cluzel à Roche-le-Molière et embranchements.....	388

TABLE DES MATIÈRES

685

Pages.

12 juin 1896. — Organisation du contrôle de l'exploitation du chemin de fer industriel de Montvicq et de Commentry à Montluçon.	404
13 juin. — Organisation du service de surveillance de la ligne de Voves à Toury.....	404
20 juin. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne Saint-Pierre-de-Vauvray aux Andelys.....	404
13 août. — Organisation du contrôle de l'exploitation des lignes de la Brohinière à Dinan et de Châteaubriant à Ploërmel (section de Châteaubriant à Messac).....	476
31 août. — Organisation du contrôle de l'exploitation des lignes d'Évreux-ville à Evreux-Navarre et du raccordement d'Évreux-Ouest à Evreux-ville.....	477
7 septembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Dieppe au Havre (section de Montivilliers à Rolleville).	504
7 septembre. — Organisation du service d'inspection de la ligne de Cavignac à Bordeaux.....	504
7 septembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Carhaix à Rosporden.....	505
7 septembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Saint-Sernin à Largentière.....	505
28 septembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Toul à Pont-Saint-Vincent.....	505
29 septembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Tournemire au Vigan.....	506
16 octobre. — Organisation du contrôle de l'exploitation de la ligne de Valenciennes à Laon (section de Guise à Wassigny).	570
17 novembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation des lignes de Saint-Loup-de-la-Salle à Beaune et de Lure à Loulans-les-Forges.....	606
23 novembre. — Translation du siège du 8 ^e arrondissement du contrôle de l'exploitation technique du réseau d'Orléans....	606
14 décembre. — Organisation du contrôle de l'exploitation des lignes de Saint-Jean-d'Angely à Cognac, à Civray et à Marans.	674

Écoles.

I. — École nationale supérieure des mines.

18 octobre 1896. — Réorganisation de l'école.....	540
19 octobre. — Règlement intérieur.....	553
Liste des élèves admis en 1896.....	607
Liste des élèves diplômés en 1896.....	436

II. — École des mines de Saint-Étienne.

23 mars 1896. — Nomination de membres du conseil de perfectionnement pour l'année 1896.....	146
---	-----

	Pages.
1 ^{er} octobre 1896. — Modification du programme d'admission.....	507
Liste des élèves admis en 1896.....	478
Liste des élèves brevetés en 1896.....	477

Service des mines.

18 avril 1896. — Réorganisation des sous-arrondissements minéralogiques de Toulouse et d'Albi.....	344
19 avril. — Modification des subdivisions de contrôleur des mines du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul.....	343
3 décembre. — Réorganisation des sous-arrondissements minéralogiques de Saint-Étienne-Est et de Saint-Étienne-Ouest..	673

Personnel. — Objets divers.

15 juillet 1896. — Nomination de collaborateurs au service de la carte géologique détaillée de la France.....	436
29 juillet. — Nomination de M. Rabel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, comme directeur du personnel et de la comptabilité	433
1 ^{er} septembre. — Réorganisation de l'administration centrale du ministère des travaux publics.....	499
12 septembre. — Nomination de M. Holtz, directeur des chemins de fer comme inspecteur général des ponts et chaussées de 1 ^{re} classe.....	502
12 septembre. — Nomination de M. Guillain, directeur des routes de la navigation et des mines, comme inspecteur général des ponts et chaussées de 1 ^{re} classe.....	502
12 septembre. — Nomination de M. Lethier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, comme directeur des chemins de fer....	502
20 octobre. — Nomination du directeur des chemins de fer comme conseiller d'État en service extraordinaire.....	568
État du personnel des mines au 1 ^{er} mai 1896.....	147

FIN DE LA TABLE.

Fig. 5
Rupture du fond represente Fig 4
(21 Janvier)

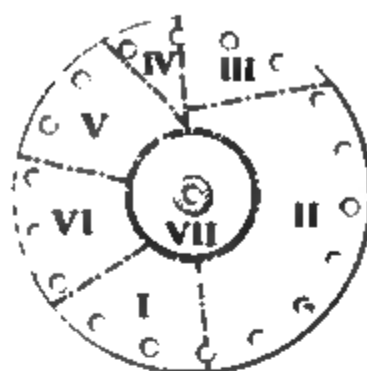
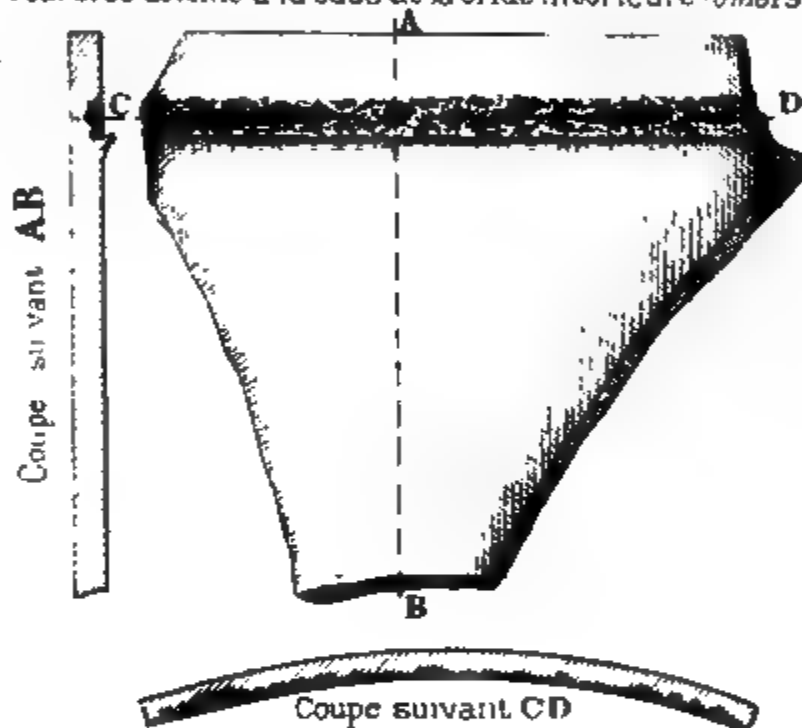


Fig 12 Vie et coupes d'un fragment de la
paroi cylindrique de la Fig. 31 avec
retures de fonte à la base de la bride intérieure (6 Mars)



Augmentation d'un corps vertical de chaudière,
vieux et corrodé (6 Mai)



Fig. 7 et 8

Un corps cylindrique par suite de corrosion (2^e Août)

Fig. 7. Elevation

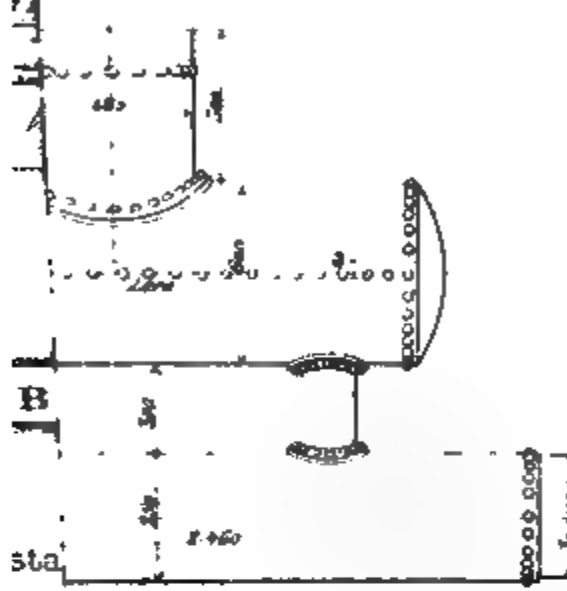


Fig. 8. Coupe RS

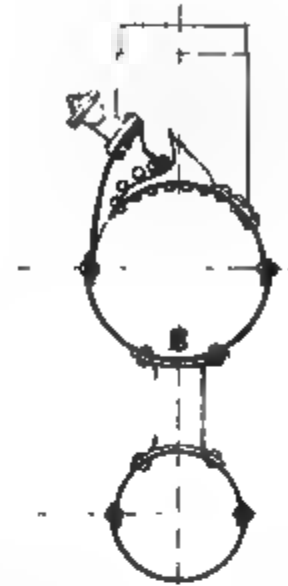
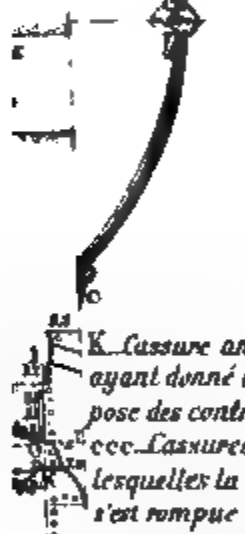


Fig. 14. Assemblage defectueux d'un fond en fonte avec une visière en cuivre (23 Octobre)

profondement
100



K. Cassure ancienne
ayant donné lieu à la
pose des contreplaques
etc. Cassures suivant
lesquelles la chaudière
s'est rompue

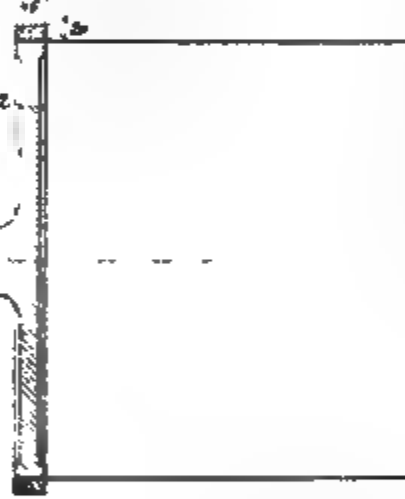


Fig. 15.

Déchirure d'un cylindre de cuivre
amincé par usure (2 Novembre)

Fig. 12.
Développement de foyer par
ress (3 Septembre)



Fig. 12
Coupe suivant MN

ome X.

—

1

Machine à vapeur

“ WESTINGHOUSE ”

**SPÉCIALE POUR ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
POMPES ET VENTILATEURS**

Moteur accouplé directement à une pompe

J. & O. G. PIERSON

54, faubourg Montmartre, 54

PARIS

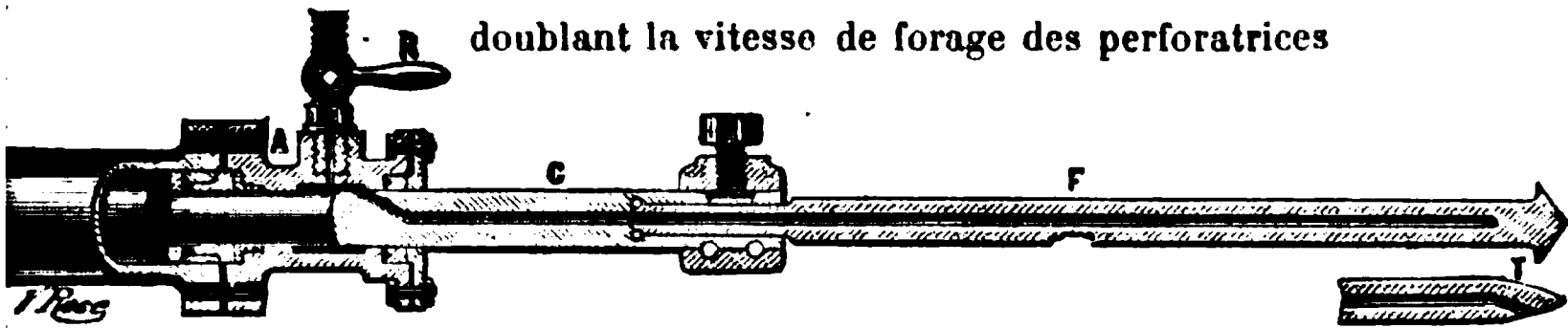
AGASIN D'EXPOSITION

47, rue Lafayette, 47

C. BORNET, Ingénieur, 10, rue Saint-Ferdinand, PARIS
PERFORATRICES ROTATIVES et à PERCUSSION
mues à bras ou par l'eau, la vapeur et l'Electricité

FLEURETS CREUX A INJECTION D'EAU

doublant la vitesse de forage des perforatrices



APPLICATION AUX MINES, CARRIÈRES ET TRAVAUX PUBLICS
Prospectus et renseignements franco sur demande

CONSTRUCTIONS **DÉMONTABLES**
ET
HYGIÉNIQUES

ATELIERS, MAGASINS, CHALETS,
HANGARS, PAVILLONS DE CHASSE,
PAVILLONS COLONIAUX

*Fournisseur des Ministres de la Guerre, de la Marine
des Colonies, de l'Assistance Publique etc.*

ENVOI FRANCO
DU CATALOGUE

DEVIS FRANCO
SUR DEMANDE

51. RUE LAFAYETTE. PARIS. 51

Librairie P. VICQ-DUNOD et C^{ie}, Éditeurs
49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, PARIS

VIENT DE PARAÎTRE :

ÉTUDE

SUR LES

CHEMINS DE FER FRANÇAIS

ÉTAT VIS-A-VIS D'EUX-MÊMES, DU PUBLIC ET DE L'ÉTAT

PAR

BONNEAU

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER P.-L.-M.

Novembre.

	Pages.
Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eau minérales, chemins de fer en exploitation, etc	571
Circulaires et instructions adressées aux préfets, aux ingénieurs des mines, etc.	581
Jurisprudence	583
Personnel.	603

Décembre.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploitation, etc	609
Circulaires et instructions adressées aux préfets, aux ingénieurs des mines, etc.	624
Travail des enfants et des femmes dans les mines, minières et carrières (année 1895). — Rapport de la Commission supérieure du travail dans l'industrie au Président de la République (Extrait)	653
Rapport de la Commission de statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur au Ministre des travaux publics.	659
Jurisprudence	667
Personnel.	671
Table des matières du tome V.	675

EXPLICATION DES PLANCHES.

DÉCEMBRE.

Pl. XI et XII. — Accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1895.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT

AUX ANNALES DES MINES

Pour Paris	20 fr. par an
Pour les Départements	24 fr. —
Pour l'Etranger.	28 fr. —

Les ANNALES DES MINES paraissent tous les mois.

N. B. — On peut se procurer aux mêmes prix chacune des années parues depuis 1862 inclusivement.

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE

LE PRATICIEN UNIVERSEL

SECRÉTAIRE : J. LOUBAT, ancien élève de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers d'Aix.

Journal bi-mensuel rédigé par demandes et par réponses

contenant des informations techniques et des communications diverses au point de vue de l'Industrie, des Travaux publics, des Mines, etc.

Un an, 10 fr. — Six mois, 6 fr. — Trois mois, 3 fr. 50.

Un numéro spécimen est envoyé gratuitement sur demande affranchie.

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

MÉMOIRES ET DOCUMENTS CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE DES VOIES FERRÉES

Abonnement pour Paris et la France. .	25 fr. par an.
— pour l'étranger :	28 fr. —

BIBLIOTHÈQUE DU CONDUCTEUR DE TRAVAUX PUBLICS

ENSEMBLE DES CONNAISSANCES INDISPENSABLES AUX CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET CONDUCTEURS MUNICIPAUX, CONTRÔLEURS DES MINES, AGENTS VOYERS, CHEFS DE SECTION, ARCHITECTES VOYERS, ENTREPRENEURS, CONDUCTEURS DE TRAVAUX, INSPECTEURS, VÉRIFICATEURS, ETC.

publiée sous les auspices de

M. le Ministre des Travaux Publics

VOLUMES PARUS :

Mathématiques	8 fr. 50	Voie publique	12 fr.
Physique et Chimie . . .	8 » 50	Hydraulique agricole	12 »
Bois et Métaux	8 »	Organisation des services. .	8 »
Droit civil	8 »	Procédure civile	8 »
Machines hydrauliques. .	10 »	Charpente et couverture. .	10 »
Hygiène	7 » 50	Agriculture	9 »
Mécanique, Hydraulique, Thermodynamique. . .	9 »	Locomotive et Matériel rou- lant	12 »

D'autres parties sont en préparation et paraîtront de mois en mois sous forme de volumes portatifs de 350 pages environ, format in-16, élégamment reliés.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

Les Éditeurs-Gérants : P. VICO-DUNOD et C^{ie}.

